

الباب التاسع

إرواء محاصيل الحقل

تختلف الحاصلات الحقلية فيما بينها في استهلاكها واحتياجها وفي مقنناتها المائية حسباً لكثير من العوامل، كما تختلف الفترات الحساسة من حياة النبات للماء باختلاف المحاصيل وفيما يلي بعض التلمحات عن إرواء بعض المحاصيل وبعض التفاصيل عن البعض الآخر.

الذرة الرفيعة للحبوب

Grain Sorghum
Sorghum bicolor (L.) Moench

يعتبر محصول الذرة الرفيعة من أكثر خمس محاصيل على مستوى العالم حيث يقع في المرتبة الرابعة بعد محصول القمح والأرز والذرة الشامية رُغمًا عن أن إنتاجه العالمي لا يتعدى ٤٠-٥٠ مليون هكتار بمتوسط يبلغ ١٢٠٠-١٣٠٠ كجم/هكتار (FAO, ١٩٧٧). يخص آسيا وأفريقيا ٧٥% من الإنتاج العالمي حيث يستهلك أساساً كغذاء للإنسان وحبوب بحوالي ٥٠% كمتوسط عالمي. وفي معظم أنحاء العالم فإن زراعة الذرة الرفيعة تزرع في البيئات التي يصعب فيها زراعة الأرز والذرة الشامية حيث لها القدرة الوراثية على النفوق على معظم محاصيل الحبوب في الإنتاج تحت ظروف البيئات الحدية وعلى الأخص البيئات الحارة والجافة (Martin, 1930) لتمييزها بالنمو الكثيف المتعمق للجذور التي تمكن النباتات من اكتشاف الماء القابل للاستفادة، وجود الشمع الذي يغطي السيقان والأوراق مما يعمل على تقليل فقد الماء من

الكيوتين، وقدرة تعظيم كفاءة استخدام الماء من خلال تغيير اتجاه الأوراق وتنظيم الثغور والقدرة على استخدام المواد الممتلئة قبل عملية التزهير في امتلاء الحبوب مما يؤديها إلى مقاومة الجفاف.

مراحل النمو

لقد أوضح (Eastin 1972) أنه من المهم وصف مراحل نمو الذرة الرفيعة خلال الثلاث المراحل التالية:

١- مرحلة النمو الأولى (GS1): وهي الفترة التي تبدأ من الانبثاق وحتى تحول المرستيم القمي من المرحلة الخضرية - نظام إنتاج الأوراق - إلى المرحلة الثمرية. تحتاج هذه المرحلة من الانبثاق إلى ٣-١٠ أيام معتمدة في ذلك على عمق الزراعة ودرجة حرارة الأرض والمياه (Evans and Stickler, 1961, Saint-Clair 1976). إن أقل درجة حرارة ممكنة أن تثبت عندها حبوب الذرة الرفيعة تبلغ ٨-١٠ م°، تتكون في هذه المرحلة أعداد الأوراق الكلية والأنشطة الفاعدية ونسبة من نظام الجذر الكلي، وتعتمد المدة اللازمة لهذه الفترة على كل من التركيب الوراثي والعوامل البيئية ولكن عادة ما تستغرق ثلث الفترة الكلية اللازمة من الانبثاق إلى النضج الفسيولوجي ويوجد تفاعل قوي بين الفترة الصنوية والمدة الحرارية لتحديد فترة النمو الأولى لنباتات الذرة الرفيعة (Quinby et al. 1973, Hesketh et al. 1969, Caddel and Weibel 1971). وتنتهي هذه المرحلة حينما يقف المرستيم القمي عن إنتاج الأوراق وتبدأ عمليات تخليق النورات panicle.

٢- مرحلة النمو الثانية (GS2): وهي الفترة التي تتميز بالزيادة الأسية لمساحة الورقة exponential وتمدد الجذور، ويتراكم المادة الجافة تزداد المساحة الكلية للأوراق والتي تستغرق ٣٣-٣٤% من الفترة الكلية لهذه المرحلة. وخلال هذه المدة يتم تمييز differentiate النورات وتحديد عدد الحبوب وفي نفس الوقت يتم بناء أقصى حجم للنبات، ومن الملاحظ عند تعرض النباتات لأي نوع من الإجهادات الذي ينتج عنه إعاقة للعمليات التي تجري في هذه المرحلة الحرجة من النمو فإن ذلك يؤدي إلى تأثيرات واضحة على المحصول من خلال كل من

مساحة الورقة وعدد حبوب النورة. تصل هذه المرحلة إلى نهايتها بخروج النورة من الغمد ووصول الأوراق إلى أكبر مساحة وبداية عملية التلقيح. وعندئذ يكون المجموع الجذري قد وصل إلى أكبر تعمق وأن تراكم المادة الجافة قد وصل إلى ٦٠-٧٠% من مجموع المادة الجافة الكلية للنبات (Kaigama et al, 1977).

٣- مرحلة النمو الثالثة (GS3): وهي الفترة التي يتم فيها إمتلاء الحبوب والتي تستمر من الأزهار حتى النضج الفسيولوجي للحبوب. وهذه المرحلة من أكثر المراحل الحرجة للنمو. ويتحدد خلالها المحصول النهائي كمحصلة لكل من المادة والمعدل التي يتم فيها تجمع المادة الجافة بالبذور (Clegg et al, 1970 and Eastin et al, 1973) وبذلك توفر حجم للمصب (الحبوب) غير محدد. يبدأ التلقيح من قمة السنبلة ثم يتقدم قاعدياً وتستغرق هذه العملية ٤-٧ أيام. وتتضح الحبة فسيولوجياً (الوصول إلى أقصى محتوى من المادة الجافة) بنفس ترتيب عملية التلقيح ولكن ليست بنفس المعدل لذا يستغرق وصول الحبوب إلى النضج في القمة وقت أقل بالمقارنة بالموجود بالقاعدة وأيضاً تبعاً لموقع الحبة على محور الشطء، ويمكن التعرف على وصول الحبوب إلى هذه المرحلة عن طريق ملاحظة تكوين الطبقة السوداء (Eastin et al, 1973).

نمو وتطور المجموع الجذري

يتميز جنم السورجم بتكوين جذر جنيني واحد هو عبارة عن الجذير (مرسى ١٩٧٩) يقوم بتثبيت البادرة في الأسابيع الأولى من النمو. وفي أثناء تلك ينمو نظام الجذور العرضية من براعم العقد الموجودة أسفل الساق (Hackett, 1973 and Evetts, 1973) وخلال عملية إنبات الحبوب والتي تستغرق ٧-١٠ أيام تتكون الجذور العرضية بمعدل ٠,٥-١ /يوم (Blum et al, 1977a and b) وتختلف أعداد الجذور العرضية لتصل في المتوسط ١٥-٢٠ معتمدة في ذلك على نظام تكوين الأشطاء (Downes, ١٩٦٨) وبمجرد إكتمال تكون الجذور العرضية يتدهور نظام الجذر الجنيني، أما إذا فقدت الجذور الجنينية بفعل العوامل الميكانيكية أو الإصابة المرضية فذلك يؤدي إلى موت البادرة ومواكبة ذلك ينمو النظام الجذري العرضي فإن

ذلك يؤدي إلى تفرعه ونشاط نموه مما يؤدي إلى كبر حجم الجذور العرضية. ولقد وجد (Blum et al, 1977a) وجود علاقة من الدرجة الأولى بين مساحة الورقة وكل من الطول الكلي للجذر وحجم الجذر. وفي نهاية مرحلة النمو الأولى يتعمق الجذر لمسافة ١٢٠-١٥٠ سم (Teare et al, 1973) بانتشار جانبي يبعد ٢٠-٢٥ سم من الساق الرئيسي معتمدا على مسافة الزراعة وغيرها من العمليات الزراعية. ولقد ذكر (Mc Chure and Harvey, 1962) أن جذور هجين الذرة الرفيعة تميل للتعمق وكثافة النظام الجذري عن سلالات الأباء مع تركيز إنتشارها في القدم العلوى من سطح الأرض (Zarman and Woyewodzie, 1979).

ويزداد تفرع الجذور العرضية للنظام الجذري في مرحلة النمو الثانية قريبا من السطح العلوى للأرض مع الإستمرار في التعمق يتقدم النبات في العمر ليصل وزن النظام الجذري لأكبر وزن له تقريبا عند الإزهار تحت ظروف توافر وكذلك شح الرطوبة بالأرض (Mayaki et al, 1976) وعند تعرض النباتات لإجهاد الجفاف تموت الجذور الرفيعة وبإعادة الري تحل محلها جذور تمت جذيدا.

وفي أثناء مرحلة النمو الثالثة أى أثناء امتلاء الحبوب فإن معظم الموارد الممثلة تذهب إلى عملية إمتلاء الحبوب كما سبق القول، وحينئذ ربما يقل نمو الجذور ولقد أوضح (Bunch et al, 1978) أن كثافة طول الجذور (طول الجذر بالسنتيمتر لكل سنتيمتر مكعب من الأرض) يتراوح ما بين ٤ عند سطح الأرض إلى ٢ على عمق ٣٠-٣٥ سم إلى ١ عند عمق ٦٠-٦٥ سم وأقل من ١ أسفل ٨٥ سم.

الإستهلاك المائى

إن الإستهلاك المائى للذرة الرفيعة محصلة لعملية التبخير من سطح الأرض وعملية النتح التى يقوم بها النبات حينما يكتمل نمو مساحة الأوراق ليصبح مكون للماء الكافى المستهلك، وباستمرار نمو مساحة الأوراق يزداد نسبة الإستهلاك الفعلى للنبات مقارنة بجهد النتح بخر، وتحت ظروف البيئات النصف جافة فإن تدفق الحرارة من المساحات المحيطة بالنبات تعمل على الزيادة الكلية اليومية للنتح بخر متوقعة فى ذلك على جهد البخر. وتجدر الإشارة هنا إلى أن درجة حرارة أوراق الذرة الرفيعة

بالمناطق المروية جيداً تكون أقل من درجة حرارة الجو المحيط مما يؤدي إلى تساقط الحرارة أثناء عملية النتح من الجو إلى الأوراق وعلى الأخص في أوقات ما بعد الظهيرة (٤-٦ بعد الظهر) حيث تقل بسرعة الأشعة الساقطة بينما تصل درجة حرارة الجو أقصاها. ويستمر معدل استهلاك الماء مرتفعاً بمرحلة امتلاء الحبوب مع ملاحظة انخفاضه في المراحل الأخيرة المواكبة لطور النضج العجبنى الصلب، ويرجع ذلك إلى فقد جزء من الأوراق ونقص حجم الجذور لدخولها في مرحلة الشبخوخة، وبذلك لا يمكن للجذور مواكبة زيادة عملية النتح، بالإضافة إلى مقاومة الورقة الكبيرة في العمر لعملية انتقال الماء خلالها ونقص الجهد المائي حتى تحت ظروف توافر الماء (Ferrerres et al, 1978). يمتص نبات الذرة الرفيعة الماء من الأعماق المختلفة وتمتص للنباتات نحو ٨٠-٩٠% من مجموع الماء الممتص بقطاع الأرض العلوى لعمق ٩٠ سم (مرسى ونور الدين ١٩٧٧).

التحمل للجفاف

تتميز نباتات الذرة الرفيعة بقدرتها على تحمل الجفاف ويرجع ذلك لدخول النباتات في طور سكون بالتعرض للجفاف، وإمكانية استئناف النباتات لنشاطها بعد زوال الجفاف وزيادة عدد الجذور الثانوية وتعمقها واكتساب الأوراق طبقة سميكة من الشمع والتواء الأوراق عند الجفاف مما يؤدي إلى احتفاظ النباتات بمائها، وزيادة نسبة وزن الجذور إلى وزن الأوراق مما يؤدي إلى زيادة كمية الماء الممتص (مرسى ونور الدين ١٩٧٧) للذرة الرفيعة عن الذرة الشامية بقدرتها على الشفاء بعد الذبول بالمقارنة مع الذرة الشامية (Glover, 1958). ويؤدي تعرض نباتات الذرة الشامية لإجهاد جفافى إلى حدوث ضرر للثغور لا يشفى منه لفترة تمتد لنحو أسبوعين وهذا القدر من الإجهاد الجفافى الذى يحدث الضرر للثغور الذرة الشامية ليس له سوى تأثير طفيف على ثغور الذرة الرفيعة.

ويؤثر الإجهاد الجفافى أثناء فترة الإنبات وظهور البادرات لفترة تمتد نحو ١٠ أيام على عدد النباتات بوحدة المساحة، وأثناء تكوين البادرات والأشطاء والنسب تمتد لفترة نحو ١٠ أيام على عدد الأشطاء بوحدة المساحة، وأثناء تكوين أصول الأزهار

والإزهار لفترة تمتد نحو ١٥ يوما على عدد الحبوب، وأثناء فترة امتلاء الحبوب لفترة تمتد نحو ١٥ يوما على أوزان وأحجام الحبوب وهكذا يلاحظ أن مجموع طول الفترات الحساسة للإجهاد الجفافى تبلغ ٥٠ يوما (مرسى ونور الدين ١٩٧٧).

ري الذرة الرفيعة

تكون رية الزراعة على البارد مع الغمر الكامل للأرض لضمان إكتمال الإنبات (عبد الجواد وأبو شتيه ١٩٩٨). تروى النباتات رية المحايهة بعد ١٥-١٨ يوما من الزراعة ويتوقف ذلك على ميعاد ومنطقة الزراعة ونوع الأرض وتروى النباتات بعد رية المحايهة كل ١٠-١٢ يوما فى الزراعة الصيفى وكل ١٢-١٥ يوما فى الزراعة النيلية. ويوقف الري قبل الحصاد بحوالى ٢-٣ أسابيع للمساعدة على جفاف القنابل وعدم رقاد النباتات.

يبلغ المقنن المائى للذرة الرفيعة ٢٥٠٠، ٢١٥٠، ٤٥٠٠ م^٣ فى الزراعة الصيفية و ٢٣٠٠، ٢٩٢٠، ٤١٤٠ م^٣ فى الزراعة النيلية بالوجه البحرى ومصر الوسطى والعليا على الترتيب.

ويبلغ مقدار الماء اللازم لإنتاج كيلو جرام واحد من حبوب الذرة الرفيعة نحو ١٦٢٦، ١٨٠٤، ١٨٠٤ كيلو جرام من الماء فى الزراعة الصيفى فى الوجه البحرى ومصر الوسطى والعليا على الترتيب ونحو ٢٦٢٨ كيلو جرام من الماء فى الزراعة النيلية بمصر الوسطى (مرسى ونور الدين ١٩٧٧).

قائمة المراجع

- عبد الجواد ع. أ.، أبو شتيه ع. م. ١٩٩٨. إنتاج محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية الطبعة الأولى، القاهرة، مصر، ٣٨٦ صفحة.
- مرسى م. ع. ١٩٧٩. محاصيل الحبوب، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٤٠٣ صفحة.
- مرسى م. ع.، نور الدين نعمت ع. ١٩٧٧. رى محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٣٣٢ صفحة.
- Blum A , Arkin G F and Jordan W R. 1977 a Crop Sci. 17, 153- 157
- Blum A. Jordan W R and Arkin G F 1977 b Crop Sci. 17,468- 472.
- Hunch G.J, Smith R.C.G. and Mason W.K. 1978. Aust.J.Plant Physiol. 5,169-177.
- Caddel J.I. and Weibel D.E. 1971.Agron.J ,63,799-803
- Clegg M D, Eastin J D, Maranville J W. and Sullivan C. Y. 1970. Ann.Rep. No. 4 Univ. of Neb. Lincoln, Neb. pp 101-105.
- Downes R.W. 1968. Aust.J.Agric. Res. 19,59-64.
- Eastin J.D. Holtquist J.H. and Sullivan C. Y. 1973. Crop Sci. 13,175-178.
- Eastin J.D 1972 in Ran N.G.P Ran and House I. R. Eds Sorghum in the seventies , Oxford and IBH Publ. , New Delhi ,India,pp 214-296.
- Evans W.F. and Stuckler F.C.,1961. Agron. J. 53,366-372.
- Hvetts L. L. and Hurnside D.C. 1973.Weed Sci. , 21,289-291.
- Fereres E. Acevedo D. Henderson D W. and Hsiao T C.1978. Physiol Plant 44,261-267.
- Glover J. 1958.J Agric. Sci. 42, 187.
- Food and Agricultural Organization (FAO) Yearbook of Food and Agricultural Statistics 1977, Vol. 31
- Hackett C. 1973. Aust. J. Biol. Sci. 26,1211-1214
- Hesketh J D. Chase S S. and Nanda D K. 1969. Crop Sci. 9,460 -463
- Kaigama B K. ,Teare I D. Stone L R. and Powers W L. 1977. Crop Sci. 17 , 555-559.
- Martin J H. 1930. J Am. Soc. Agron. 22 ,993 & 1003
- Mayaki W C. ,Stone L r. and Teare I D. 1976. Agron. J. 68, 532- 534
- McClure J W. and Harvey C. 1962. Agron.J. 54,457-459

- Quinby J.R. Hesketh J.D. and Voight R.E. 1973. Crop Sci. 13,243-246.
- Saint-Clair P.M. 1976. Can. J. Plant Sci. , 56 ,2124
- Teare I.D. Kanenmasu E.T. Powers W.L. and Jacobs H.S. 1973. Agron. J. 65,207-211.
- Zartman R.E. and Woyewodzu R.T. 1979. Agron. J. 71,325-328.

الذرة الشامية

Maize
Zea mays L.

تزرع الذرة الشامية في أكثر من ١٢٠ مليون هكتار سنوياً، تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكبر مناطق إنتاجها في العالم حيث تزرع حوالي ثلث المساحة المنزرعة في العالم، تزرع في مصر بحوالي ١,٧ مليون فدان بمتوسط ٢٠ أردب للفدان، يرتفع إلى ٢٤,٨ أردب (أردب الحبوب بعد التجفيف - ١٤٠ كجم) عام ٢٠٠٣. تتركز بالمناطق المعتدلة في نصف الكرة الغربي ما بين خط عرض ٥٨ درجة شمالاً عند كندا وحتى ٣٥-٤٠ درجة جنوباً عند أمريكا الجنوبية. كما تنمو عند ارتفاع يبلغ مستوى منخفض تحت سطح البحر إلى ارتفاع يبلغ ٤٠٠٠ متر فوق سطح البحر. كما تختلف النباتات كثيراً في الطول فتبلغ متر طويلاً وعند أوراق ٨-٩ مع طول فترة حياة تبلغ ٥٠ يوماً إلى ٦ أمتار وعند أوراق ٤٢-٤٤ مع طول فترة حياة تبلغ ٢٣٠ يوماً.

الاحتياجات المناخية

تنمو نباتات الذرة الشامية جيداً في المناطق الخالية من الصقيع لمدة ١٢٠ يوم ذات حرارة متجمعة تتراوح ما بين ٢١٠٠-٢٢٠٠ أو أكثر، ويمكن الحصول على أعلى محصول بالتعرض لدرجة حرارة معتدلة مع توافر الماء، وتعتبر درجة ٢٤-٣٢ م° هي درجة الحرارة المثلى وكلما ارتفعت درجة الحرارة من ٢٧ إلى ٣٢ وتوافر الماء فإن الذرة الشامية تسرع من النمو، وعند ارتفاع درجة الحرارة عن ٣٢ م° فإن نمو الجذور يزداد بصعوبة كما ويستهلك كميات كبيرة من المياه للحفاظ على إنتفاخ خلايا النبات لذلك فإنه ينقص الماء تعتبر درجة حرارة ٢٧ م° هي الدرجة المثلى للنمو، وعلى عكس الاعتقاد السائد فإن محصول الذرة الشامية لا ينمو جيداً في الليالي الحارة الرطبة حيث يؤدي ذلك إلى زيادة معدل النتح مما يفقد النبات الكثير من الطاقة والمادة الجافة، وتعتبر كميات المياه عاملاً هاماً لإنتاج محصول مرتفع من الذرة الشامية، ففي الولايات المتحدة الأمريكية فإن زراعة الذرة الشامية بالمناطق الممطرة

تعطى أعلى محصول تحت معدل مطر يصل إلى ٦٠-١٠٠ سم. يمكن القول أنه في المناطق الجافة فإن إنتاج الذرة يقتصر على المناطق ذات معدل الأمطار الذي يبلغ ٣٨٠ مم أو أكثر (Marten et al, 1976).

تتمتد فترة حياة الذرة الشامية بمصر نحو ٩٠-١٢٠ يوما ويتوقف ذلك على الصنف وميعاد الزراعة وخصوبة التربة وغير ذلك من العوامل. وتمتد زراعة الذرة الشامية من أقصى الجنوب إلى أقصى الشمال بالأراضي الخصبة الجيدة الصرف وبالأراضي الصفراء الطينية والسوداء الثقيلة ولا يزرع بالأراضي المالحة أو القلوية (مرسى ونور الدين ١٩٧٧).

ويمكن تقسيم طول فترة حياة الذرة الشامية إلى مرحلتين وهما مرحلة النمو الخضري وتمتد نحو ٤٥-٥٥ يوما، ومرحلة النمو الزهري والثمري وتمتد نحو ٥٠-٦٠ يوما وتنقسم كل من المرحلتين إلى أطوار، فتقسم المرحلة الخضرية إلى طور الإنبات وطور التفريع القاعدي (مثل الذرة الشامية السكرية) وطور الإستطالة. وتنقسم المرحلة الزهرية والثمريّة إلى طور التهيئة للإزهار وتكوين النورات، وطور تفتح الأزهار والإخصاب وطور إمتلاء الحبوب إلى تحت أطوار عامة وهي الطور اللبني والعجيني واللامع والنضج الكامل.

لقد أوضح هانواي ١٩٧١ (Hanway, 1971) مراحل نمو الذرة الشامية في حزام الذرة بالولايات المتحدة الأمريكية كما هو موضح بجدول (٩-١) التالي:

جدول (٩-١): مراحل نمو محصول الذرة الشامية (Hanway, 1971)

مرحلة النمو	التوصيف	مرحلة النمو	التوصيف
صفر	الإنبات	٥.٠	ظهور الحريرة، إكمال ظهور النورة المنكبة، إبتدأ حبوب اللقاح
٠.٥	تكمال ظهور عدد ٢ ورقة (الرقبة Collar)	٦.٠	طور بداية تكوين الحبوب وتكمال القولحة والأغلفة وحامل النورة
١.٠	تكمال ظهور عدد ٤ ورقة	٧.٠	الطور العجيني وإمتلاء الحبوب بسرعة

تابع جدول (٩-١): مراحل نمو محصول الذرة الشامية (Hanway, ١٩٧١)

مرحلة النمو	التوصيف	مرحلة النمو	التوصيف
١,٥	تكمال ظهور ٦ ورقة	٨,٠	بداية الطور اللامع ونمو سريع للجنين
٢,٠	تكمال ظهور ٨ ورقة	٩,٠	جميع الجنين بالطور اللامع
٢,٥	تكمال ظهور ١٠ ورقات	١٠,٠	النضج الفسيولوجي وأكبر تراكم للمادة الجافة
٣,٠	تكمال ظهور ١٢ ورقة		
٣,٥	تكمال ظهور ١٤ ورقة		
٤,٠	تكمال ظهور ١٦ ورقة وبسرور طرف الثورة المذكرة من المحيط		

ويزرع نبات الذرة الشامية في مصر في عسروتين وهما الزراعة الصيفي والزراعة الشتوي، وتزرع الزراعة الصيفي في أبريل ومايو وتنضج في أغسطس وسبتمبر وتزرع الزراعة الشتوي في أكتوبر ونوفمبر وهكذا يواكب نمو نباتات الذرة الشامية في الزراعة الصيفي درجات حرارة وشدة إضاءة أخذين في الارتفاع وعلى العكس من هذا يواكب نمو نباتات الذرة الشامية في الزراعة الشتوي درجات حرارة وشدة إضاءة أخذين في الانخفاض بتقدم النباتات في العمر.

نمو ووظيفة الجذور

يتميز نبات الذرة الشامية بالجذور اللبية الكثيفة ونظرا لأن الذرة من المحاصيل السريعة النمو لذلك تتميز بقوة نمو الجذور وبالرغم من أن الجذور الأولى التي تنمو هي الجذور الجنينية Seminal إلا أن معظم كتلة الجذور تتكون من الجذور الثانوية (المرضية) والتي تتضمن الجذور الناجية Crown or Coronal والهبائية Brace or aerial.

ويختلف عدد الجذور الجنينية باختلاف الطرز أو تحت الأنواع فهي جذر واحد كثير التفرع في الذرة السكرية وأربعة جذور كثيرة التفرع بالطرز الأخرى، تظهر هذه

الجدور بالتتابع إذ يظهر الجذير أولاً مكوناً الحذر الابتدائي يعقبه زوج آخر من الجذور الجنينية الثانوية وتقوم بوظيفتها في امتصاص الماء والعناصر الغذائية، وتقل أهميتها بظهور الجذور العرضية وتشكل الجذور العرضية المجموع الجذري الرئيسى للذرة الشامية وهي ليفية وتنمو في محيطات لا يتجاوز عددها أربعة بالمحيط الواحد، تنمو الجذور العرضية الميكورة موازية لسطح الأرض ثم تنحرف رأسياً بعد ذلك وتسمى بالجذور الجانبية، وتنمو الجذور العرضية في الأطوار المتقدمة من حياة النبات رأسياً وتسمى الجذور الرأسية، وتشغل الجذور العرضية قطاع الأرض السطحي بسمك ٩٠ سم وقد تتعمق الجذور وتصل لعمق مترين من سطح الأرض وتسمى منطقة خروج الجذور بمنطقة الناج الجذري وتتميز الجذور العرضية بكثرة تفرعها، أما الجذور الهوائية فتتنمو في محيطات على العقدة الثانية أو الثالثة أو العقد الأعلى من ذلك أحياناً فوق سطح الأرض والأجزاء الموجودة فوق سطح الأرض تكون سميكة غير متفرعة ولكنها تكون متفرعة في الأرض. وتثبت الجذور الدعامية النبات في الأرض وتحميه من الرقاد ويتركز المجموع الجذري الأساسى في ٣٠-٦٠ سم السطحية من سطح الأرض. وتكون الجذور العرضية نظام الجذر الرئيسى. وتصل نسبة المادة الجافة للجذور في النباتات المروية إلى ٦٤% في القدم العلوى (٣٠ سم) و ٩٢% في منطقة ٩٠ سم العليا على حين تصل تحت ظروف الزراعة الحافة (المطرية) إلى ٣٩% و ٧٠% في الأعماق المذكورة على الترتيب (Mayaki et al, 1976). وهذا يعنى أن جذور نباتات الذرة الشامية تتخلل أعماق بعيدة من التربة تحت ظروف الزراعة الجافة بالمقارنة بالزراعة المروية وذلك حينما تكون كمية المياه أقل من الكمية المتلى. وهذا يعنى إمتلاك جذور النباتات قدرة ميكانيكية على تجنب الجفاف. ويلاحظ في الأراضي العميقة الجيدة الصرف وجود علاقة خطية بين نقص محتوى الأرض من الرطوبة وكثافة الجذور ونعنى بها طول الجذر في وحدة الحجم سم/سم³ (Grimes et al, 1975).

وهناك عوامل كثيرة تؤثر على نمو وكثافة جذور محصول الذرة الشامية يمكن ذكر أهمها وهي:

- ١- الإمداد المائى والمقاومة الفيزيائية للأرض: في الأراضي التى تتميز بارتفاع مستوى الماء الأرضى حتى منطقة جذور الذرة الشامية فلا يكون للماء علاقة وثيقة بإنتاج الجذور الكثيفة كما هو الحال في الأرض الجيدة الصرف. ويمكن القول أنه

مجرد وصول حافة منطقة شعيرات الجذر إلى الماء فإن معظم المياه تمتص بواسطة الجذور الموجودة بهذه المنطقة حتى إذا كانت تمثل جزءاً يسيراً من المجموع الجذري. وتؤثر مقاومة الأرض الفيزيائية على تخلل الجذور تأثيراً كبيراً على إنتشارها وتعمقها حيث عادة ما تتخلل جذور المحصول المسافات الموجودة في فراغات الأرض وتؤثر أعداد وأحجام هذه المسام على قدرة الجذور على التخلل، حيث وجد أن جذور نبات الذرة عمر ٥ أسابيع غير قادرة على تخلل منطقة تحت الأرض المدمجة التي تصل كثافتها الظاهرية إلى ١,٥ جم/سم^٣ على الرغم من إمكانية نموه بغزارة عند كثافة ١,٢ جم/سم^٣ وينمو معتدل عند كثافة تتراوح ما بين ١,٣-١,٤ جم/سم^٣ وتؤثر المقاومة الفيزيائية على نمو الجذور الحانية في حالة ميكنة الزراعة لما تحدثه عجلات الجرارات من نمج الأرض في منطقة بين الخطوط أو في التأثير على عمق الجذور لاندماج الطبقات الأفقية ويمكن التغلب على ذلك بزيادة عمق الحرث.

٢- درجة حرارة الأرض: تلعب درجة حرارة الأرض دوراً مهماً في التأثير على نمو الجذور حيث نقل المادة الجافة للسيقان والجذور في مراحل النمو المختلفة بزيادة درجة حرارة الأرض وتبلغ درجة الحرارة المثلى لتراكم المادة الجافة في سادات الذرة الشامية ٢٠ م° (Beauchamp and Lathwell, 1967) حيث وجدت علاقة من الدرجة الأولى ما بين معدل إستطالة الجذور والسيقان من جهة وزيادة درجة الحرارة في المدى من ١٠-٣٠ درجة مئوية من جهة أخرى (Blacklow, 1972)، وحينما تزداد درجة الحرارة عن ٣٢ م° يعقب ذلك نقص واضح في كل من الجذور والسيقان وعند وصولها إلى ٤٠ م° فإن هذه الدرجة تصبح معيقة للبادرات، على حين أن تعرض النباتات لدرجة ٩ م° يؤدي إلى تقليل وقد يمنع إستطالة الجذر.

وتعمل رطوبة التربة على تحوير تأثير درجة الحرارة على نمو جذور النباتات والسيقان. وعند توافر الرطوبة بالأرض فإن إرتفاع درجة حرارة الأرض تؤدي إلى زيادة إستطالة الجذور، وفي حالة توافرها بكمية متوسطة لا يحدث تأثير على إستطالة الجذور بينما إذا قل محتوى الرطوبة بالأرض فإن إرتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة وزن وإنتشار الجذور. وعادة ما تنخفض درجة حرارة الأرض

غير المحروثة عن الأرض المحروثة لتعرض الأخيرة لأشعة الشمس التي تؤدي إلى رفع درجة حرارتها.

٣- **التهوية والتسميد:** يلعب التسميد دوراً في نمو المجموع الجذري للنباتات النذرة الشامية واستخدام الماء، حيث أن النذرة المسمدة جيداً تستعمل الماء بكفاءة أكبر حيث تحصل على المياه بواسطة جذورها المتعمقة بالأرض لنذرة الجذر على استخلاص الماء من المسام الصغيرة والأغشية المائية المحيطة بحبيبات الأرض. إن النذرة المسمدة جيداً وعلى الأخص السماد الأزوتي ينتج جذور عميقة كثيفة في المراحل المبكرة من النمو (Linscott et al, 1962)، وحيث أن استخدام الماء له علاقة كبيرة بنمو الجذور فإن تغذية المحصول ذو تأثير إيجابي على كفاءة استعمال الماء وعلى الأخص تحت ظروف نقص الماء عن الحد الأمثل بالأرض.

نمو الجذور وعلاقتها بالمراحل الفسيولوجية

تظهر الجذور العرضية (الثانوية) في مرحلة ٤-٦ أوراق، بعدها تنمو سريعاً وتتغلغل الأرض لتصل إلى ٤٥ سم في مرحلة ٨ أوراق. كما تنمو الجذور الهوائية من العقد السفلى للساق عند طرد النورة المذكورة تقريباً والتي تقوم بوظيفة دعامية بالإضافة إلى إمتصاص الماء والعناصر الغذائية.

يمر نمو الجذور بسلسلة من المراحل المتداخلة والتي لها علاقة بنمو الأجزاء العليا من النبات. وكما سبق القول يحدث النمو المبكر للجذر لأسفل وفي اتجاه القطر بكثافة يليه نمو جانبي مكثف يكتمل قبل مرحلة طرد النورة المذكورة بحوالي ١-٢ أسبوع. تظهر الجذور الهوائية الدعامية قرب إكتمال نمو الجذور الحانبية (Forth, 1962)، ومن هنا يتضح أن معظم الجذور تنمو قبل مرحلة طرد النورة المذكورة لذلك فإن طول المدة من الزراعة إلى الطرد تؤثر على حجم المجموع الجذري. إن الأصناف المبكرة في طرد النورة المذكورة يكون حجم مجموعها الجذري أقل من حجم المجموع الجذري للأصناف المتأخرة وهذا قد يؤدي إلى نمو الأصناف المبكرة أفضل من المتأخرة تحت ظروف قلة المياه على حين أن الأصناف المتأخرة تتميز بنمو خضري كبير يستهلك كمية كبيرة من المياه، ومن هنا فإن الأصناف المتأخرة تعطى محصولاً كبيراً إذا

تعرضت لفترة قصيرة من الجفاف حيث تستطيع مواجهة هذه الفترة بمجموعها الجذري الكبير، على حين أن الأصناف المبكرة تعطى محصولاً أكبر من الأصناف المتأخرة عند تعرضها لفترة طويلة من الجفاف لعدم إمتصاصها قدراً كبيراً من الماء في فترة قصيرة.

وتوضح الدراسات أن حجم جذور الذرة يزيد سريعاً حتى طرد النورة المذكورة ثم يبدأ في التناقص أثناء إمتلاء الحبوب (Mengel and Barber, 1974) ويكون ذلك محصلة للنمو السريع في مراحل النمو الأولى مع قلة في أعداد الجذور التي تموت ويؤدي ذلك إلى زيادة حجم المجموع الجذري زيادة أسية وعند وصول النباتات إلى مرحلة الإزهار يبدأ موت الجذور بنفس معدل إنتاج الجذور الجديدة مما يعمل على ثبات حجم الجذر. ويتقدم النباتات في العمر فإن أعداد الجذور التي تموت يتفوق على أعداد الجذور المنتجة وبذلك يقل حجم المجموع الجذري بعد طرد النورة المذكورة.

المادة الجافة بالنبات

تتراكم المادة الجافة نتيجة لما ينتج من عملية التمثيل الضوئي وما يستهلك في عملية التنفس، لذلك فإن أي مؤثر يؤدي إلى زيادة عملية التمثيل الضوئي ونقص عملية التنفس يعمل بالضرورة على زيادة كمية المحصول، وعملها فإنه من السهل التحكم في العوامل التي تؤثر على عملية التمثيل الضوئي مثل خصوبة الأرض، مساحة الورقة، زاوية الورقة، الإمداد المائي وتربية الأصناف، على حين أن عوامل قليلة هي التي يمكن التحكم فيها في عملية التنفس.

وتعتبر نباتات الذرة الشامية من المحاصيل ذات الكفاءة المرتفعة من حيث مقدار ما يثبت من ثاني أكسيد الكربون بواسطة وحدة المساحة من الورقة. تثبت الأوراق أولاً على النبات يليها أشعاع الورقة، السيقان، الأغلفة، الكيزان وأخيراً الحبوب. وفي المرحلة الثالثة من النمو فإن أعداد الأوراق التي تتعرض لأشعة الشمس تكون كافية لاستمرار تراكم المادة الجافة بمعدل يومي ثابت حتى قرب النضج، وتنتج كل المادة الجافة للأوراق مبكراً وتصل قممها في السيقان قبل الإزهار مباشرة على حين يكون تجمع المادة الجافة في الحبوب سريع للغاية وتعزى إليه كل الزيادة فيها بعد

طرد النورة المذكورة، وفي الحقيقة فإن ٤٥% من إجمالي المادة الجافة المنتج من أعضاء النبات الموجودة أعلى الأرض تنتقل إلى الحبوب لتؤكد كفاءة المصيب في استيعاب المادة الجافة لنواتج عملية التمثيل الضوئي وغيرها من المواد. ويتناقص معدل عملية التمثيل الضوئي بتقدم أوراق النبات في العمر ولما كانت الأوراق الأكبر عمراً تقع في الجزء السفلي من الساق لذلك فإن هناك فرق كبير في معدل عملية التمثيل الضوئي من الأوراق المنفردة الناجم من الاختلاف في أعمار الأوراق وتظليل بعضها البعض، ويكون هذا الفرق أقل حينما تكون النباتات صغيرة وقبل أن يتم غلق المجموع الخضري، كما ويكون كبير بقرب النباتات من النضج.

إن معدل عملية التمثيل الضوئي في المجموع الخضري (تحت ظروف الإضاءة الجيدة) يكون محصلة مساحة الورقة وعمر النبات حيث يزداد بزيادة مساحة الأوراق إلى أن يخلق المجموع الخضري (عادة ما يكون قبل طرد النورة المذكورة مباشرة) ليصل إلى قمته وقت طرد النورة المؤنثة تقريباً أو في المرحلة المبكرة من إمتلاء الحبوب ثم يبدأ في التناقص باستمرار زيادة عمر الأوراق تبعاً لمعادلة من الدرجة الأولى بزيادة أعداد النباتات في المدى من ٣٤-٦٩ ألف نبات/ هكتار (٢٢-٢٦ ألف نبات/ فدان) ثم تتناقص باستمرار الزيادة عن هذا المدى.

وتعتبر ٢,٦ دليل مساحة الأوراق الحد الأمثل لإنتاج الحبوب في هجن الذرة الشامية بينما يعتبر ٢ الحد الأمثل لإنتاج الحبوب في السلالات (Major et al, 1972) وتحت ظروف دليل مساحة الأوراق الأمثل فإن ٩٠% من الأشعة الضوئية المساقطة يتم اعتراضها بواسطة المحصول، إن كمية المادة الجافة المنتجة تحت ظروف دليل مساحة أوراق تبلغ ٣,٣ بواسطة الأوراق الموجودة في قمة ووسط وأسفل النبات تبلغ ١:٢١:٤ ويعزى انخفاض المعدل في الأوراق السفلى تحت مستوى دليل مساحة الأوراق المرتفع إلى تظليل الأوراق لبعضها وزياتتها في العمر كما قد يرجع الارتفاع في المنطقة الوسطى إلى تقارب الحبوب مما يؤدي إلى كبر حجم وعاء المصيب الذي يستوعب نواتج عملية التمثيل الضوئي. وفي إحدى الدراسات وجد أن ثلثي الهجن وصلت إلى أقصى تراكم للمادة الجافة بعد ٥٤-٥٧ يوم من عملية التلقيح بعدما

وصلت ٧٥% من النباتات لمرحلة النورة المؤنثة، وعند وصول حبوب الذرة إلى أقصى تراكم للمادة الجافة فإن محتوى الرطوبة بها يتراوح ما بين ٢٨-٣٨%.

الإجهاد الجفافى

تتأثر نباتات الذرة الشامية بالإجهاد الجفافى فى فترات معينة من حياتها عن البعض الآخر حيث يؤثر الإجهاد الجفافى أثناء فترة الإنبات وظهور البادرات (تمتد حوالى ١٠ أيام) على عدد النباتات، وأثناء تكوين البادرات (تمتد نحو ١٥ يوما) على قوة نمو النباتات، وأثناء الإزهار (تمتد نحو ١٥ يوما) على عدد الحبوب الممتلئة وأثناء إمتلاء الحبوب (تمتد نحو ١٥ يوما) على حجم ووزن الحبوب وتعتبر الفترة من طرد النورة المذكرة إلى الطور المعينى أهم فترة حرجة من حيث تأثير الإجهاد المائى على كمية محصول الذرة الشامية وهكذا يبلغ مجموع طول الفترات التى يكون فيها نبات الذرة الشامية حساسا للإجهاد المائى نحو ٥٥ يوما أى نحو نصف عمر النبات ويمكن القول أن نبات الذرة الشامية يتحمل الإجهاد الجفافى فى الفترة الخضرية من حياته.

وبالرغم من أن عمق جذور الذرة الشامية يتأثر بالصفات الوراثية إلا أنه هناك علاقة وثيقة بين إستطالة الجذور ومحتوى الأرض من الرطوبة حيث تزداد إستطالة الجذور بنقص التوتر الرطوبى، ليس هذا فحسب بل أيضا بزيادة محتوى الرطوبة عند نفس درجة التوتر وهذا يحى أن قوام الأرض يلعب دورا هاما فى التأثير على نمو الجذور حيث يؤثر على قدرتها على حفظ الماء. ومن المعروف أن الجذور المتعمقة فى الأرض تكون أقل كفاءة فى إمتصاص الماء عن الجذور السطحية إلا أنه فى العديد من الأحوال يحدث العكس حيث تكون أصغر عمرا وتوجد فى منطقة مبللة وأقل تزاحم من الجذور القريبة من السطح وهذا يوضح لماذا ينقص الوزن الكلى للجذور بعد الإزهار فى الوقت الذى يظل إستعمال الماء كبير.

أما بالنسبة لعلاقة الذرة الشامية فى مرحلة النمو الخضرى بالماء فيمكن القول أن فقد الماء يكون كبيرا فى المراحل المبكرة من حياة الذرة الشامية حيث إرتفاع عملية البخر من سطح الأرض لقلة الغطاء النباتى وقلة دليل مساحة الأوراق، ويتقدم النباتات

في العمر فإن نمو النباتات ربما يؤدي إلى نقص عملية النتح بخر حيث تصبح الأرض جافة مما يعمل على قلة معدل التبخير وباستمرار التغير الحادث في نمو المجموع الخضري أثناء موسم النمو يحدث تغيير في عملية النتح بخر الكلية في الحقل مما يؤدي إلى سيادة عمليات البخر نتح على عملية البخر ولما كان استخدام وعاء البخر نتح كأساس لحساب قيمة الجهد المائي فإن متوسط قيمة الماء المستهلك يبلغ ٣٥% في المراحل الأولى من النمو ثم تصل إلى ٨٠% بعد طرد النورة المؤنثة مباشرة ثم تعود لتتقصر باقتراب النباتات من النضج.

يختلف الاستهلاك المائي للذرة الشامية كثيراً باختلاف مراحل النمو حيث يتأثر معنويًا بعوامل المناخ فيبلغ الضعف في الجو الحار المشمس مقارنةً بالجو البارد ذو السحب. ولقد وجد (Shaw 1963) أن استهلاك النبات الواحد من الماء يبلغ ٢٥ سم وحوالي ١ سم في اليوم في مراحل النمو المبكرة ووقت طرد النورة المؤنثة على الترتيب.

يتأثر نمو المجموع الخضري بدرجة حرارة الأرض التي بدورها تؤثر على مقدرة الجذور على امتصاص الماء لتأثيرها غير المباشر على عملية البناء. وعندما تكل درجة حرارة الأرض عن درجة ٢٨ م° ينقص طول الورقة نتيجة لتحديد كمية المياه الممتصة بواسطة الجذور. وعندما يصل الجهد المائي للنبات إلى -٩ ضغط جوي فإن استطالة الورقة تتوقف لنقص ضغط إنتفاخها على الرغم من عدم تأثر سطح النبات وناتج عملية التمثيل الضوئي إلى أن يصل إلى -١٢ أو -١٣ ضغط جوي (Barlow et al. 1977) حينئذ يبدأ تأثر كل من النتح والتمثيل الضوئي. وبحسب النتح في الذرة الشامية بنسبة ما يفقد أثناء فترة الاستهلاك المائي الأعظم. وأقيمت الدراسات أنها تحتل ٥٠-٧٠% من كمية الماء المفقود أثناء أقصى استعمال وحيث أن يمر الماء في النبات يسلك مسلك هيدرو ليكي مستمر فإن أي تغير في الجهد المائي للجذور يعكس تغييراً معاكساً للجهد المائي للورقة مما يؤدي إلى التأثير على مقاومة الثغور للانتشار وبالتالي يؤثر على معدل النتح.

ويبدو أن حساسية معدل استطالة الأوراق للإجهاد الرطوبي المعتدل يعتبر عاملاً مهم لتحديد النمو حيث وجد أن نقص الجهد المائي للأرض من -٠,٣٥ إلى -٢,٥ بار

أدى إلى نقص معدل إستطالة الورقة بنسبة ٤٤% وزيادة تركيز الكربوهيدرات الذاتية بنسبة ٤٢% في نفس الوقت الذي نقصت فيه الكمية الكلية للمادة الجافة المتراكمة بنسبة ٢٦% والنتح بنسبة ٢٤%. وأثناء تعرض النباتات للإجهاد الجفافى المعتدل فإن النباتات تحافظ على إيزان موجب جزئياً لتألى أكسيد الكربون بالأوراق فى صورة إمداد وفير من الكربوهيدرات الذاتية للحفاظ على عمليات البناء.

يتأثر عدد ووزن الحبوب بالإجهاد الجفافى كثيراً فى المرحلة الزهرية والثمارية، فيحدد عدد الحبوب الفعالة فى طور النضج للإزهار وتكوين النورات وإذا تعرضت النباتات لإجهاد جفافى شديد أو لفترة طويلة أثناء تفتح الأزهار تكون النتيجة نقص الإخصاب وعقد الحبوب، ويرجع نقص الإخصاب إلى جفاف حبوب اللقاح وإلى إعاقة إنبات حبوب اللقاح أو نمو أنبوبة اللقاح من الميسم إلى البويضات. يتأثر إمتلاء الحبوب بالظروف التى تتعرض لها النباتات قبل الإزهار وبعده وتعرض النباتات لإجهاد الجفاف بعد الإزهار أكثر تأثيراً على إمتلاء الحبوب بالمقارنة مع التعرض له قبل الإزهار.

الرطوبة الزائدة

نبات الذرة الشامية حساس للرطوبة الزائدة بالأرض ويرجع ذلك أساساً إلى ما يعانيه النبات من نقص محتوى الأكسجين بالأرض، ويختلف مقدار تأثير زيادة الرطوبة باختلاف الفترة التى يتعرض لها النبات ومن أهم فترات حياة النبات حساسية للرطوبة الزائدة هى طور البادرة وطور النمو الخضرى الذى يبلغ فيه النبات إرتفاع ٥٠ سم. تؤدي الرطوبة الزائدة فى طور تكوين البادرة إلى نقص عدد النباتات بوحدة المساحة وضعف النمو ويرجع هذا الضرر إلى وجود القمة النامية للنبات تحت سطح الأرض لفترة تمتد نحو ٣-٤ أسابيع من الزراعة ويؤدى تعرض النباتات لرطوبة زائدة فى طور إرتفاع نحو ٥٠ سم لمدة تمتد من ٣-٦ أيام إلى نقص كمية المحصول بمقدار يتراوح من ٣٠-٥٠% ومن جهة أخرى إذا تعرضت النباتات للرطوبة الزائدة فى طور الإزهار أدى إلى انخفاض قليل فى كمية المحصول. ويتضح مما سبق أن الفترات الحساسة من حياة نبات الذرة الشامية للرطوبة الزائدة ليست هى الفترات الحساسة لنقص الرطوبة.

تنظيم فقد الماء

إن ماء الأرض هام لاستمرار عملية إنتفاخ الخلايا ولمقاومة إحتياجات عملية النتح والإستخدامات التى تحتاج إليها الخلية. ومن الصعب الفصل بين ما يحدث للنبات حين تعرضه لدرجة الحرارة المرتفعة التى تكون مصحوبة بالإجهاد الجفافى عن ما يحدث للنبات حين التعرض للحرارة المنخفضة التى تودى إلى نقص عملية التبخير الناشئ من إغلاق الثغور.

عندما تتعرض النباتات الصغيرة لنقص الماء تغلق الثغور وتلتف الأوراق ويصبح شكلها ردى وتلتف الأوراق نتيجة لنقص إنتفاخ الخلايا اللاحقة bulli form cells المنتشرة على طول العرق الوسطى لتصل الورقة ويحدث ذلك حينما يقترب الجهد المائى للورقة من -١٥ بار وعادة ما تصاب أوراق الذرة الشامية بالذبول فى ظروف الجفاف، وفى جميع الأعمار وقت الظهيرة وتعود للإنتفاخ فى الليل ويستمرار التعرض للجفاف يحدث الذبول منكرا عن وقت الظهيرة إلى أن تصبح الأوراق ذابلة طول اليوم، وباقتراب سحتوى الرطوبة بالأرض لمعامل الذبول تفقد النباتات قدرتها على الشفاء أثناء الليل.

وعند تعرض نباتات الذرة الشامية إلى الجفاف فترة تتراوح ما بين ٣-٤ أيام فإن الثغور تعود لطبيعتها بعد ١-٢ يوم من فترة الإستشفاء، ولكن حين التعرض للجفاف الشديد ولفترة تمتد إلى أسبوع أو أكثر فإن ذلك يودى إلى تغييرات واضحة فى سلوك الثغور ولا يبدو أن لها القدرة على فتح الثغور بالكامل من جديد وهذا يعنى حدوث تلف شديد للثغور بتعرضها للجفاف لفترة طويلة مما يودى إلى نقص فى المحصول رغما عن إمداد النبات بالماء الكاف بعد التعرض للجفاف (Glover, 1950).

تزداد كثافة الثغور على السطح السفلى (٩٢٩، ١٠٨٠٠) كما ذكر Miller (1938) عن السطح العلوى (٧٠٣٧، ٩٨٠٠) (Meidner and Mansfield (1968) كما تختلف كثافتها باختلاف موقعها على اتصال الأوراق حيث تقل بالقرب من الغمد وتزداد بالإتجاه لطرف النصل Miller (1938).

وتحت ظروف توافر المياه فإن ثغور السطح السفلى تظهر مقاومة أقل للإنتشار عن ثغور السطح العلوى (تعنى إنخفاض مقاومة الثغور للإنتشار زيادة الماء المفقود فى عملية النتح على حين يحدث العكس بزيادة مقاومة الثغور للإنتشار) وينقص الجهد المائى تزداد المقاومة بسرعة أكبر من السطح العلوى وبافتراضه من ١٥ بار فإن مقاومة السطحين تكون متماثلة تقريبا وعند إعادة الرى فإن مقاومة كلا الجانبين تنقص بسرعة ولكن يكتسب السطح السفلى مرة أخرى المقاومة المنخفضة بمجرد وصول الخلايا إلى حالة الإنتفاخ الكلى.

وفى حالة سطوع الشمس فإن النباتات المروية جيدا تتميز بفتح ثغور السطح السفلى بمعدل أكبر من العلوى لتصل إلى ثلثى إنفتاح عندما تبدأ ثغور السطح العلوى فى الإنفتاح (Domes and Bertsch. 1969).

ولا يثأثر معدل التمثيل الضوئى عندما يتغير الجهد المائى للورقة من صفر إلى - ٣,٥ بار (Boyer. 1970). وعندما يبلغ الجهد المائى - ٤,٥ إلى - ١٠ بار تكون هناك علاقة مباشرة بين معدل التمثيل ومقاومة الثغور. وتبدأ العوامل الأخرى فى التأثير بدرجة صغيرة على التمثيل الضوئى عند التعرض إلى أقل من - ١٠ بار (Boyer, 1971)، وعموما تحدث تغييرات سريعة فى مقاومة الثغور عندما يصل الجهد المائى للورقة من - ١٠ إلى - ١٢ بار بغض النظر عن شدة الضوء (Beadle et al. 1973).

تحدد مقاومة الثغور للإنتشار فى أى وقت من النهار بكمية الإشعاع الساقط على الورقة، درجة شيخوخة الورقة والجهد المائى لها. وعلى ذلك يكون أى تغيير ولو طفيف فى محتوى الماء بالخلايا المنتفخة ذو علاقة بالتغيرات الكبيرة نسبيا فى الجهد المائى للورقة. إن الجهد المائى والجهد الأسموزى وجهد إنتفاخ الورقة يصل إلى أقصى إرتفاع عند شروق الشمس بعدها ينقص ليصل إلى حده الأدنى قرب منتصف النهار ليعود للزيادة مرة أخرى بعد الظهر وفى نفس الوقت تزداد مقاومة الثغور من شروق الشمس حتى منتصف النهار ثم تقل بعد الظهر، وذلك يحدث فى كل من النباتات المجعدة وغير المجعدة مائيا ويكون الخلاف فى حجم ودرجة التغيير وهذا يعكس تأثير تغيير الطاقة وتدفقها بالحقل على مقاومة الثغور التى بدورها تؤثر على معدل النتح. ومن أجل مقاومة كل من الماء المتدفق إلى النبات والأرض فإن النباتات

لا تستطيع امتصاص الماء بسرعة كافية ليحل محل ما يفقد في عملية النتح تحت ظروف النتح المرتفع، وفي هذه الحالة فإن تدرج الجهد سيؤدي إلى زيادة الإتران بين متطلبات البيئة ومعدل سحب الماء من الأرض والتي يتم التحكم فيها بواسطة المجموع الجذري للنبات.

إن الأوراق الصغيرة السريعة التمدد لنباتات الذرة الشامية تعتبر المصعب الأعظم لعملية التمثيل الضوئي (Barlow et al, 1977)، ونظراً لأن عملية إستطالة الورقة تتأثر بشدة بالجهد المائي عند - ٧ إلى - ٩ بار فإن معدل عملية التمثيل الضوئي لا تتأثر بشدة قبل أن ينقص الجهد المائي للورقة إلى حوالي - ١٢ بار (Boyer, 1970).

التغيرات الفسيوكيماوية

بتعرض نبات الذرة الشامية إلى نقص الماء ينقص محتوى أوراق النباتات المعرضة للإجهاد الجفافى من أنينوسين ثلاثى الفوسفات وقد يرجع ذلك إلى نقص فى التنفس أو/و عدم إتاحة الأكسجين فى عملية الفسفرة وقد يعزى إلى زيادة إستخدام الأنينوسين ثلاثى الفوسفات، ويقال أن العامل المحدد ليس تمثيله وإنما نشاطه.

وينقص نشاط إختزال النترات بأوراق الذرة الشامية تحت الإجهاد الناجم من كل من الحرارة والجفاف (Amos and Scholl, 1977) وكذلك محتوى البولي زيتوسوم (Marilla et al, 1973) مع زيادة فى محتوى حمض الأبسيسيك (Beardsell and Cohen, 1975) كما تحدث تغييرات فى تركيز البرولين.

رى محصول الذرة الشامية

يمكن لنبات الذرة الشامية أن يمتص ٨٠% من الماء القابل للإستفادة قبل أن يبدأ تنظيم عملية النتح بواسطة الثغور. لذلك فإن معظم برامج الرى تتصح بالرى بعد إستنفاد ٥٠% من الماء القابل للإستفادة حيث يعمل على الوصول إلى أعلى كفاءة للرى بالإضافة للإمداد بكمية من الماء تغطى الفترة التى تحتاج فيها النباتات لكمية مرتفعة من الماء.

وتعتبر الفترة الحرجة للماء هي الفترة المواكبة لطرْد النورة المؤنثة أو بعد ذلك بقليل. حيث أوضح كثير من الباحثين أن نقص الماء في فترة طرد النورة المذكورة والمؤنثة تؤدي إلى نقص كبير في كمية المحصول، حيث أن تعرض النباتات للإجهاد الجفافى قبل طرد النورة المؤنثة أو أثناءها أو بعدها يؤدي إلى نقص في المحصول يبلغ ٢٥ أو ٥٠ أو ٢١% على الترتيب، كما أن طول فترة التعرض للإجهاد الجفافى هامة أيضا حيث أن نقص الماء بالأرض إلى حد الذبول لمدة ٢ يوم أثناء طرد النورة المذكورة أو فترة التلقيح تؤدي إلى نقص المحصول بمقدار ٢٢% على حين يصل النقص إلى ٥٠% بالتعرض إلى فترة تتراوح ما بين ٦-٨ أيام.

وعما عن أن الذرة الشامية من المحاصيل التي تحتاج نسبيا إلى كمية كبيرة من المياه إلا أنها من أكفأ المحاصيل في إنتاج المادة الجافة بواسطة الماء حيث تحتاج الذرة الشامية إلى ٣٧٢ وحدة وزنية من الماء لإنتاج وحدة وزنية من المادة الجافة مقارنة بحوالي ٢٧١، ٥٠٥، ٥٦٢، ٨٥٨ لكل من الذرة الرفيعة، القمح، القطن، البرسيم الحجازى على الترتيب (Martin et al. 1976). وتتوقف كفاءة استخدام الماء بواسطة الذرة الشامية على ما يأتى:

- تزداد كفاءة استخدام الماء بزيادة كمية المحصول.
- تؤدي أعداد النباتات إلى نقص كفاءة استخدام الماء أثناء الموسم الذي يتعرض لنقص الماء.
- تكون السلالات المبكرة في النضج أكثر كفاءة في استخدام الماء لإنتاج الحبوب على حين يستخدم الماء في السلالات المتأخرة النضج بكفاءة أعلى لإنتاج العلف الأخضر.

إلا أنه يمكن القول أن كفاءة استعمال الماء لا تعطى الصورة الكلية حيث أن السلالات المتأخرة النضج عادة ما تنتج محصول حبوب أكبر من المبكرة رغم أن انخفاض كفاءتها في استعمال الماء. وتحت الظروف الأقل من المثلى فإن الذرة الشامية تستخدم جميع المتاحة من الماء القابل للاستفادة وعندئذ تكون كفاءة استخدام الماء ذات علاقة وطيدة بكمية المحصول لكن إذا حدث إجهاد جفافى عند الإزهار فإن المحصول يقل كثيرا ولايصبح ذو علاقة بكفاءة استخدام الماء. إن إمداد الأرض

المستمر بالماء حينما يحتاج النبات لعمل بلا شك على زيادة كمية المحصول. وعلى ذلك فإن الري الذي يؤدي إلى تشبع الأرض إلى عمق لا يقل عن ٢ قدم يكون ذو تأثير فعال في الإنتاج مقارنة بالعديد من مرات الري الخفيف (إلا في حالة الأرض الطينية والرملية). ووجد تحت ظروف الأرض الرملية أن المحصول وكذا كفاءة استعمال الماء تكون مرتفعة حينما يضاف الماء خفيفا بواسطة الري بالرش لعمق ١,٣ م في الري الواحدة حينما يحتاج المحصول، ويمكن زيادة كمية المحصول وكفاءة استخدام الماء بإضافة الأسمدة خلال نظام الري بالرش بكميات قليلة على طول موسم النمو على حين أنه في الأرض الطينية يلزم إضافة ١,٣ سم من الماء عند الحاجة للمساعدة في الحفاظ على تهوية الأرض، تزداد إلى ٢,٥ سم أثناء طرد النورة المذكورة ومرحلة إمتلاء الحبوب. تروى النباتات كل حوالي ٣ أسابيع بدءا من قبل طرد النورة المذكورة مباشرة وحتى طرد النورة المؤتة وبالرغم من أنه يمكن الحصول على أعلى محصول بالري الغزير أثناء موسم النمو إلا أن ذلك لا يؤدي إلى الحصول على أعلى محصول أكبر من النباتات التي تروى جزئيا أثناء فترات الإزهار الحرجة.

تحتاج نباتات الذرة الشامية إلى ٥-٨ ريات أثناء فصل النمو ويتوقف ذلك على الصنف ومنطقة الزراعة والظروف الجوية والظروف الأرضية وغير ذلك، تروى النباتات ربة المحاياء بعد أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع بالمناطق المختلفة من مصر. وخير نظام للري هو ما يضمن توافر الماء بالأرض في المدى بين ٧٥-١٠٠% من الماء الميسر بالقطاع العلوى من سطح الأرض لعمق ٣٠ سم، وتختلف كمية الماء اللازم إضافتها في الري الواحدة أثناء حياة النبات. وعموما ينبغي أن يكون الري خفيفا في الريات الثلاث الأولى لعدم تعمق الجذور كثيرا بالأرض أثناء هذه المرحلة. وينبغي مراعاة مايلي عند رواء الذرة الشامية:

- ١- الإعتناء بالري ولاسيما في الفترات الأولى لحساسية النباتات للعطش والتأثر بالري الغزير.
- ٢- تجنب الري أثناء هبوب الرياح خوفا من الرقاد.
- ٣- تجنب الري عند ابتداء تكوين الكيزان إلى أن يمتد الطرف العلوى للكوز عن الساق حتى يتم التلقيح.

٤- تجنب تعرض النباتات للعطش ولا سيما أثناء فترة تكوين النورات وتفتح وإخصاب الأزهار.

٥- تجنب زيادة عدد الريات عما ينبغي وتجنب تأخير الري.

٦- الإهتمام بتقليل الماء للفائض.

ويبلغ مقدار المقتن المائي للذرة الشامية أثناء حياة النبات ٢٥٠٠، ٣١٥٠،

٤٥٠٠م^٢ في الزراعة الصيفية ٢٣٠٠، ٢٩٢٠، ٤١٤٠م^٢ في الزراعة النيلية بالوجه

البحري ومصر الوسطى ومصر العليا على الترتيب.

قائمة المراجع

- مرسى م. ع.، نورالدين نعمت ع. ١٩٧٧. رى محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٣٣٢ صفحة.
- Amos J.A. and Scholl R.L. 1977. Crop Sci. 17, 445.
- Barlow F.W.R., Hoersma L. and Young J.L. 1977. Agron. J. 69, 95.
- Beadle C.L., Stevenson K. R., Neumann H.H., Thurtell G. W. and King K. M. 1973. Can. J. Plant Sci. 53, 537.
- Beardsell M.E. and Cohen D. 1975. Plant Physiol. 56, 207.
- Beauchamp E.G. and Lathwell P.J. 1967. Agron. J. 59, 189/11.
- Blacklow W.M. 1972. Crop Sci. 12, 647.
- Boyer J.S. 1970. Plant Physiol. 46, 223.
- Domes W. and Bertsch A. 1969. Planta, 86, 84.
- Forth H.D. 1962. Agron. J. 54, 49.
- Glover J. 1950. J. Agric. Sci. 53, 412.
- Grimes D.W., Miller R. J. and Wiley P.J. 1975. Agron. J. 67, 519.
- Harway J.J. 1971. Special Reports No. 48, Iowa State Univ. Coop. Ext. Ser. Ames.
- Linscott D.L., Fox R. L. and Lipps R.C. 1962. Agron. J. 54, 185.
- Major D.J., Hunter R.B., Kammerberg L.W., Daynard T.B. and Turner J.W. 1972. Can. J. Plant Sci. 52, 315.
- Mizilla C.A., Boyer J.S. and Hageman R.H. 1973. Plant Physiol. 51, 817.
- Martin J.H., Leonard W.H. and Stamp D.C. 1976. Principles of Field Crops Production, 3rd ed., MacMillan, New York.
- Mayaki W.C., Stone L.R. and Tearey I.D. 1976. Agron. J. 68, 532.
- Meidner H. and Mansfield T.A. 1968. Physiology of Stomata, Mc Graw-Hill, New York.
- Mengel D.B. and Barber S.A. 1974. Agron. J. 66, 341.
- Miller E.C. 1938. Plant Physiology, 2nd ed., Mc Graw-Hill, New York.
- Shaw R.H. 1963. Res. Bull. 520, Iowa Agric. And Home Econ. Exp. Sta. Ames.

الأرز Rice *Oryza sativa* L.

يعتمد نصف سكان العالم تقريباً على التغذية على محصول الأرز حيث يعتبر الغذاء الرئيسي للسكان (Marten and Leonard, 1970 and Huke, 1976). إن أغلب مناطق إمداد العالم من الأرز تنتج وتستهلك أساساً في الصين والهند واليابان وإندونيسيا والفلبين. أما في الولايات المتحدة الأمريكية فينتج الأرز في ولايات أركانسوس وكاليفورنيا والميسيسيبي وتكساس ورغم أن إنتاجها لحوالي ١% من المنتج بالعالم إلا أن حصتها في التجارة العالمية لا تقل عن خمس الأرز المطحون (Efferson, 1972). وبالإضافة لأهميته الغذائية إلا أنه يعتبر نبات ذو علاقة فريدة بالماء بين المحاصيل الحقلية. حيث تنمو النباتات في وسط مائي يؤدي إلى نقص الأكسجين بها ولذلك تتميز جذورها باحتواءها على مسافات بنية أو خلايا برانشيمية بالجذر متصلة بالخلايا البرانشيمية للساق والأوراق مما يعمل على إنتشار الأكسجين إلى جذور الأرز (Mitsui, 1964). هذه الميزة تجعل الأرز قادراً على النمو في الوسط المائي بالأراضي المنخفضة والوسط غير المائي بالأراضي المرتفعة (الأبلند). ويمكن القول أن أرز المناطق المنخفضة ينتج محصول مرتفع ويحتاج أرض غير منفذة أو الأرض الموجودة على جسر المسطحات المائية للحفاظ على عمق ٥-٢٠ سم من الماء أما أرز الأراضي المرتفعة فينمو في أرض جيدة التهوية تعتمد كلية على كمية مياه موزعة جيداً حسباً لاحتياج مراحل نموه المختلفة.

المناخ

ينمو محصول الأرز في نطاق درجة حرارة يتراوح ما بين ١٧-٢٢ م°، ولقد وجد (McDonald et al, 1974) أن الدرجة المثلى لصافي عملية التمثيل الضوئي هي ٣٠ م° لعشرة أصناف تم جمعها ودرستها من حول العالم. إن تأثيرات درجات الحرارة الأكثر والأقل من الدرجة المثلى يختلف تأثيرها على إنتاجية الأرز باختلاف الأصناف وأعضاء النبات.

إن سقوط الأمطار يعتبر من العوامل المناخية ذات الأهمية حيث يؤثر على عدم قدرة الأصناف على الموائمة فعند بداية هبوب رياح الموسوم يتحدد ميعاد الزراعة في كثير من الأحوال، كما أن توزيع الأمطار الموسمي له تأثير كبير على إستفادة النمو والتطور لنبات الأرز من الماء القابل للإستفادة.

وعندما تكون درجة الحرارة والمياه عوامل غير محددة، يلعب الإشعاع الشمسي دوراً مؤثراً في إنتاج الأرز. فعلى سبيل المثال يكون محصول الأرز مرتفعاً أثناء مواسم النمو التي تتميز بصفاء السماء كما وجد بالهند والفلبين. لقد تعرف Stansel (1975) على المرحلة الحرجة للفترة الضوئية للأرز ذاكرةً أنها تبلغ ٤٢ يوماً منها ٢١ يوماً قبل طرد الداليات و ٢١ يوماً بعد الطرد.

تتميز أصناف الأرز القصيرة (ارتفاعها ١٠٠ سم) بعدم تعرضها للرقاد وبالأوراق القائمة حيث كفاءتها مرتفعة في إستقبال الأشعة الشمسية كما تستجيب للأسمدة وغير حساسة للفترة الضوئية. إن طول فترة حياة ٤٠ صنفاً من الأرز الدامي بالموسم الجاف بالمعهد الدولي لبحوث الأرز بالفلبين (IRRI) تراوح بين ٩٠ إلى ١٩٠ يوماً تقريباً، حيث كان أعلى محصول أمكن الحصول عليه من هذه الأصناف عندما كان موسم النمو يتراوح ما بين ١٣٠-١٤٠ يوماً (IRRI, 1963) وكانت أهم الأصناف نضجاً في كاليفورنيا بعد ١٤٠-١٦٠ يوماً واركنسوس وميسيسبي بعد ١٢٠-١٤٠ يوماً ولويزيانا بعد ١٠٠-١٣٠ يوماً وتكساس بعد ١٠٠-١١٥ يوماً.

لقد أوضح Stansel (1975) أن هناك ثلاث مراحل يمر بها نبات الأرز: مرحلة النمو الخضري، ومرحلة النمو الثمري ومرحلة نضج الحبوب، جميع هذه المراحل تؤثر في مكونات محصول الحبوب من حيث عدد الداليات، عدد حبوب الدالية، توزيع حبوب الأرز بالدالية ووزن الحبوب. تختلف هذه المراحل في حاجتها للأسمدة والمبيدات الفطرية واحتياجاتها المائية. لذلك فهناك أهمية للتنبؤ ببداية كل مرحلة من مراحل النمو المذكورة. وتستخدم الوحدات الحرارية Degree days بنجاح في التنبؤ ببداية مراحل النمو (Downey et al, 1977 and Stansel, 1975). ويزرع الأرز إما بالحبوب مباشرة أو بشتل البائرات التي تتم في مرحلة النمو الخضري وتحتاج بإدرات الأرز إلى ٥-٧ أيام للإستشفاء من عملية الشتل وبعد مرحلة الإستشفاء فإن النباتات

التي تم شتلها تكون معاملة لنباتات الأرز التي تم زراعتها مباشرة بالحبوب. ولقد أوضح مرسى (١٩٧٩) أن مراحل النمو الخضري والثماري للأرز تنقسم لما يأتي:

أولاً- مرحلة النمو الخضري: تتضمن طور الإنبات، طور تكوين الأشطاء وطور استطالة الساق. يمتد هذا الطور ابتداء من الزراعة حتى سبوع طرد السداليات ويتأثر طول هذه الفترة بالصفة وسبوع الزراعة وكمية الأسمدة النيتروجينية المضافة. ويمكن تقسيم هذه المرحلة إلى عدة أطوار يتم فيها نمو المجموع الخضري والساقان والأوراق.

١- **المجموع الجذري:** يتكون المجموع الجذري لنبات الأرز من الجذور الجذبية وتتكون من الجذر الأولي يتبعها تكوين عدد ٢ من الجذور الإضافية. والجذور العرضية وتنشأ من العقد السفلى للساق الرئيسي والأشطاء وتنمو هذه الجذور في المراحل الأولى من حياة النبات لأسفل ثم تنحني أفقياً مكونة حصيرة كثيفة، وتخرج عدة محيطيات من الجذور العرضية من العقد الساقية فوق سطح الأرض بقيمة ارتفاع الماء عن سطح الأرض. ينتشر ٤٥% و ٩٠% من المجموع الجذري للأرز في ٥ و ٢٥ سم السطحية من الأرض على الترتيب. واحتياجات حبوب الأرز للأكسجين منخفضة فهي قادرة على تحرير الأكسجين بتفاعلات أنزيمية تحدث أثناء الإنبات. ويتكون الحذير أولاً في حالة وجود الأكسجين، بينما تتكون الريشة أولاً في حالة عدم توافر الأكسجين، وتظهر بادرات الأرز فوق سطح الأرض بعد ٧-١٠ أيام من الزراعة. ونظراً لقصر عمق البرعم الأولي في أصناف الأرز القصيرة، لهذا ينبغي ألا يكون الشتل على عمق أكثر من ٣-٥ سم، الأمر الذي يفسر وجود علاقة عكسية بين عمق الشتل ومحصول هذه الأصناف القصيرة. ويكفي الغذاء المخزن في حبوب الأرز إمداد البادرات بما تحتاج إليه من غذاء حتى تنمو وحتى يتكون المجموع الجذري الجذبي وحتى يصبح للبادرة ثلاث أوراق تكون حينئذ البادرة قادرة على امتصاص احتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية وتمثيل المواد الكربوهيدراتية اللازمة لنموها.

٢- **طور تكوين السيقان والأشطاء:** الساق الرئيسي قائم أجوف فيما عدا مناطق العقد. تنمو البراعم الموجودة في أباط الأوراق الحرشية الموجودة تحت سطح الأرض على الساق الرئيسي لتكون الأشطاء الأولى من العقد الأولى بالزراعة بالبيذرة.

مباشرة ومن البرعم الرابع إلى السادس في الزراعة بالشتل ثم تخرج الأشطاء على الأفرع التالية لتكون الأشطاء الثانوية ثم الثالثة على الأشطاء التالية وهكذا. وتتناقص هذه الأشطاء في الطول تبعاً لتتابع ظهورها، يتراوح ارتفاع الساق بين ٣٠ إلى ١٨٠ سم وعدد السلاميات من ١٠ إلى ٢٠ سلامية تتزايد في الطول بالاتجاه للقمّة والسلامية الطرفية أكثرها في الطول. ولا تنتهي الأشطاء التي تتكون في الأطوار المتقدمة بالداليات، وإذا تكونت أسرع ما تموت. يبدأ تكوين الأشطاء على النبات حينما تبلغ عند الأوراق ٤-٥ أوراق أى بعد ٢٠-٣٠ يوماً من الزراعة تقريباً. تحمل كل عقدة ورقة واحدة ترتب بالتبادل على الساق الرئيسي وكذلك الأشطاء. الورقة ذات نصل طويل ضيق وعمد منشق ولسين طويل يحيط بالسلاميات وأنتان وقد تكون غائبتان.

٣- طور الإستطالة: تتميز إستطالة الساق الرئيسي بالأبطء في الفترات الأولى من حياة النبات، ثم تزداد سرعة الإستطالة بدرجة كبيرة أثناء طرد الداليات.

ثانياً- المجموع الثمرى: يتحول النمو الخضري إلى نمو ثمرى بعد إكمال نمو خضري معين وابتداء تخصص النسجة الداليات. ويتوقف تحويل النمو من خضري إلى ثمرى على بعض العوامل وأهمها طول الفترة الضوئية ودرجات الحرارة وكذلك محتوى النيتروجين، وعموماً يمكن القول أن قصر الفترة الضوئية وارتفاع درجات الحرارة تدفع النباتات للانتقال من النمو الخضري إلى النمو الثمرى وتتأثر المرحلة الخضرية بالظروف البيئية أكثر من تأثر المرحلة التمرية. وتنقسم مرحلة النمو الثمرى إلى أطوار كما يأتي:

١- طور تكوين الداليات: تبدأ ملاحظة تخصص نسجة الدالية قبل نحو ٣٠ يوماً من طرد الدالية وحيث تكون الورقة الرابعة من ورقة العلم قد استكملت نموها. وهكذا تطرد الداليات بعد تكوينها بفترة طويلة إذ تتكون أصولها والنباتات بالمشتل في ظروف درجات الحرارة المرتفعة.

٢- طور طرد الداليات: يواكب طرد الداليات طور الإستطالة ويتم إستطالة نباتات الأرض باستكمال طرد الداليات. ينتهي كل فرع عادة بدالية، وقد لا تحصل بعض الأشطاء داليات.

٣- طور الإزهار والإخصاب: تتراوح الفترة اللازمة لإزهار الدالية من ٦-٩ أيام، ويبدأ الإزهار يوم طرد الدالية أو اليوم التالي وتتفتح معظم أزهار الدالية في اليوم التالي إلى الرابع من ميعاد الطرد. ويكون الإزهار سريعا في الفترة من الساعة العاشرة إلى الساعة الثانية عشر. وتتفتح السنبلة الطرفية على محور النورة لدالية الساق الرئيسي أولا ويتمها السنبيلات الطرفية على الفروع ويتجه التزهير بعد ذلك إلى أسفل. ويستمر تفتح الزهرة ١,٥-٢ ساعة متوقفاً ذلك على درجة الحرارة. والتلقيح الذاتي هو السائد.

٤- طور تكوين الحبوب: يبدأ تكوين الحبة من إخصاب البويضة، ويستمر النمو إلى تمام تكوين الحبوب. وتنتقل المواد الغذائية من الأوراق والسوق إلى الحبوب إلى أن يتم تكوينها. وحينئذ تدخل في طور راحة بالأصناف التي تدخل طور راحة.

العلاقات المائية

قبل الحديث عن هذا الموضوع ينبغي التنويه للتقسيمات الثلاث لأنماط بيئة تختلف فيما بينها في مدى توافر الماء بالأرض أثناء نمو النبات وللأسف ليس لهذه التقسيمات علاقة بارتفاعات الماء عن سطح الأرض التي تزرع عليها (مرسى ١٩٧٩) وهي:

١- أرز الأراضي المنخفضة Lowland ويزرع بالأراضي التي تغمر فيها الحقول بالماء صناعياً كما هو الحال في مصر، ويتميز بارتفاع كمية المحصول عن أرز الأراضي المرتفعة.

٢- أرز الأراضي المرتفعة Upland ويزرع بالأراضي المنحدرة حيث لا يسهل حجز الماء، ويتحمل ظروف عدم الغمر. وتوجد أصناف تتجح في النوعين السابقين.

٣- الأرز العائم Floating ويزرع في الوديان المعرضة للفيضان.

لقد أوضح Kar et al (1974) تفوق نمو جذور الأرز مواكبا للنشاط الأعظم للأشطاء تحت ظروف الأرز العائم، هذا النمو يؤدي إلى إنقاص نسبة السيقان إلى الجذور بدرجة قليلة أثناء هذه الفترة النشطة للأشطاء يليها زيادة متدرجة أثناء مرحلة الإثمار. ينقص وزن السيقان والجذور معنويًا تحت ظروف عدم التشبع بالمياه حيث

لا ينمو الجذر نمواً كثيفاً مثل وقت النمو الكثيف للأشطاء. ولقد أيد ذلك Sharma et al (1975) حيث ذكروا نقص كل من وزن الجذور والسيقان بنقص كمية المياه من حالة الغمر إلى السعة الحقلية وباستمرار النمو تحت السعة الحقلية ينقص وزن الجذور بمعدل أكبر من النقص الحادث في أوزان السيقان. وأضاف Ponnamperna (1955) أن جذور بعض أصناف الأرز بالأراضي المتخفضة أكثر تأثراً بإجهاد الجفاف مقارنة بدليل مساحة الأوراق أو أعداد الأشطاء ببعض أصناف الأراضي المرتفعة التي تتميز بتحمل الإجهاد الجفافى وقد يرجع ذلك لنمو هذه الأصناف جيداً تحت ظروف الإجهاد الجفافى (Krupp et al, 1972).

في الظروف الملائمة لنمو الأرز فإن الأوراق أسفل النبات التي تصبح ميكراً تبدأ في الدخول في مرحلة الشيخوخة في الفترة بين طور أكبر نمو للأشطاء وبداية طور تكوين الداليات حيث تبدأ الأوراق الجديدة في الظهور ودليل مساحة الأوراق في النمو ليصل أقصاه ثم ينقص بزيادة إسراع الأوراق السفلى في الدخول لمرحلة الشيخوخة عن معدل تكوين الأوراق الجديدة. ثم تنقص نسبة انتقال الضوء خلال المجموع الخضري (LTR) بزيادة المادة الجافة نتيجة لزيادة دليل مساحة الأوراق ويغلق المجموع الخضري حينما تصل هذه النسبة إلى ٩٥% في طور بداية تكوين الداليات (Stansel, 1975)، وبعد هذه المرحلة تستطيل سلاميات الساق بسرعة دافعة الداليات للإنبات بقوة بعده تخرج الأزهار بسرعة ويزداد وزن الداليات.

أثر الإجهاد الجفافى

لقد عقد علماء المعهد الدولى لبحوث الأرز بالفليبين مقارنة بين دليل مساحة الأوراق وإنتاج المادة الجافة في الذرة الرفيعة ودليل مساحة الأوراق وإنتاج المادة الجافة في الأرز في حالة وجود قدر كاف من الماء بوسط نمو نباتات الأرز حيث وجدوا تشابهاً بين التأثير على كمية المحصول وعكس ذلك على دليل مساحة الأوراق حيث نقص دليل مساحة الأوراق في الأرز قبل عملية طرد الداليات على حين نقص في الذرة الرفيعة بعد عملية الطرد، أما تحت ظروف الجفاف فإن أكبر دليل لمساحة أوراق الذرة الرفيعة يصل لنصف قيمته تحت ظروف توافر الماء. من ذلك يتضح أن

الماء المحدود يكون له تأثير عكسي على دليل مساحة الأوراق و إنتاج المادة الجافة في الأرض أكثر منه في الذرة الرفيعة ويستمر الأرض في زيادة المادة الجافة بعد عملية طرد الداليات تحت ظروف كثرة المياه على حين لا يحدث ذلك في الذرة الرفيعة.

أصبح من الدراسة التي أجريت بالمعهد الدولي لبحوث الأرض بالفيليبين تأثر نمو المجموع الخضري للنباتات الأرض المغمور في الماء العكر حيث أمكن القضاء على الحشائش حينما كان عمق الماء من ١٠-١٢ سم دون تأثير على محصول الأرض وعند زيادة العمق إلى ٢٥ سم حدث نقص في محصول الأراضي المنخفضة بولاية تكساس (Evat, 1958).

تتأثر أعداد الأسطاء علاوة على دليل مساحة الأوراق بالتعرض لإجهاد الجفاف وذلك في أصناف كل من الأراضي المرتفعة والأراضي المنخفضة فعند تعرض الأصناف للإجهاد الجفافى أثناء الفترة الممتدة من ٤٥-٦٠ يوما بعد الإنبات يعمل ذلك على نقص أعداد أسطاء أصناف الأراضي المنخفضة أكثر من أصناف الأراضي المرتفعة (Krupp et al, 1972)، بالإضافة إلى أنهم وجدوا أن أصناف طرز أعداد الداليات (تتميز بأن الزيادة في المحصول تعود إلى الزيادة في أعداد داليات وحدة المساحة) وأصناف طرز وزن الداليات (تتميز بأن الزيادة في المحصول تعود إلى وزن حبوب كل دالية) تظهر تفاعل مختلف للإجهاد الجفافى، حيث وجد أن النمط الأول أقل حساسية لمرحلة النمو التي تتعرض للإجهاد الجفافى عن مدة وشدة التعرض على حين تكون حساسية الثاني لمرحلة النمو وذلك عند التعرض للجفاف أثناء مرحلة الإثمار والنضج للإجهاد الجفافى.

لقد وجد Datta et al (1975) أن نمو نباتات الأرض في أرض يبلغ الجهد المائى لها - ١٥ بار كفىل بالعمل على خفض محصول الأرض، وأوضحوا أن ذلك قد يرجع جزئيا إلى تكرار عملية الري والصرف التي تؤدي إلى فقد النيتروجين خلال عملية عكس التآزوت dinitrification. ولقد وجد Pradhan et al (1973) نقص أعداد الأسطاء حينما يكون الجهد المائى للأرض - ٢ بار أو أقل. ويتأثر ارتفاع نبات الأرض بنقص ارتفاع الماء عن ٣ سم. لاحظ Sharma et al (1975) أن نقص ماء الأرض يؤدي إلى زيادة متوسط أعداد الأوراق للنبات بينما تنقص مساحة الورقة الواحدة بحوالى ٥٠%.

مسببة نقص في محتوى المادة الجافة للميقان عند قياسها عند ٦٠ يوما بعد السنتل. وأوضحت دراسات المعهد الدولي لأبحاث الأرز في الفلبين (1973a) تأثير عملية التمثيل الضوئي لنباتات الأرز الصغيرة عند التعرض للإجهاد الجفافى عن طريق إعاقه عملية امتصاص ثانى أكسيد الكربون، كما أوضحت دراسات المعهد الدولي لأبحاث الأرز في الفلبين (1973b) إزدياد تراكم البرولين بزيادة التعرض للإجهاد الجفافى.

تنظم عملية النتج نباتات الأرز عملية فقد الماء وبالتالي كميات المياه التى يحتاج إليها النبات ويختلف الإحتياج المائى لنبات الأرز تبعاً لعوامل كثيرة أهمها الأرض، الماء، المناخ، الأصناف، مرحلة النمو، وفترة حياة النبات. ويقدر متوسط الإحتياج المائى للنبات بمقارنة عدد جرامات الماء المستخدم فى عملية نتج جرام واحد من المادة الجافة المنتجة. وبناء على هذا أُنصح أن الإحتياج المائى للأرز يتراوح ما بين ١٧١-٤٣٨ جم/جم ولكن هذا الرقم يتراوح عموماً بين ٢٥٠-٣٥٠ (Yoshida, 1975).

الفترة الحرجة للماء

لقد قام العديد من الباحثين حول العالم بدراسة الفترة الحرجة للماء لنباتات أُرز الأراضى المنخفضة عن طريق وسيلتين الأولى معرفة مرحلة النمو الأكثر حساسية للإجهاد الجفافى والثانية بقياس الإستهلاك المائى أثناء مراحل النمو المختلفة. ولقد استخدم Sahu and Rath (1972) التكنيك الثانى لقياس الإستهلاك المائى أثناء نَسع مراحل من نمو نباتات أُرز الأراضى المنخفضة المشتولة والنامية تحت ظروف منطقة شرق وسط الهند، حيث نكر أن الماء الكلى المستخدم يتجه إلى الزيادة بتعاقب مراحل نمو النبات إلى أن يصل أقصاه أثناء خروج ورقة العلم وطرد الداليات ثم يتناقص بعد ذلك. إن قمة النتج تحدث إما بنقص عملية الإنقسام أو فى مرحلة الإزهار عند نمو نباتات الأرز تحت ظروف ماليزيا، حيث سجل أن نسب النتج (ماء النتج / ماء البخر) كانت ٠.٠٥، ١.٠، ١.٣ وذلك لعدد من الأسابيع يبلغ ٣ و ٧ وصغر قيل الطرد مياشرة على الترتيب وبعد بضعة أسابيع قليلة من الطرد نقل النسبة عن ١ وتستمر فى

التناقص بعد ذلك. وتوجد قمة ثانية لكنها أقل للنتح تحدث أثناء الفترة العظمى لنمو الأسطوان (Chapman and Mikkelsen, 1963, Sugimoto 1970a,b). هذه القمة ترجع إلى اختلاف المناخ والكثافة النباتية. ولقد أجمعت الدراسات على أن المرحلة المبكرة من الطور النمرى هي أكثر المراحل حرجا في نباتات الأرز.

ولقد أوضح مرسى ونور الدين (١٩٧٧) أن الطور الرابع من حياة النبات هو الطور الحرج للماء حيث يتم طرد الداليات، ولكي تطرد الداليات لابد أن تتكون أولا، ويبدأ تكوينها بعد تكون قدر معين من النمو الخضري كما يلزم تهيئة النباتات لتكوين الداليات بتعريضها للفترة الضوئية المعينة والملائمة ودرجة الحرارة اللازمة وتعتبر هذه المرحلة الفترة الحرجة للأرز إذ تكون النباتات أكثر إحتياجا للماء في هذا الوقت في عمليات الإنقسام والإستطالة. ويقل الجفاف المؤقت كمية المحصول الناتج بدرجة كبيرة ويختلف عدد الداليات التي يحملها النبات حسب الصنف والظروف البيئية حيث تؤدي العوامل المؤدية إلى زيادة عدد الأفرع مثل كمية المياه إلى زيادة عدد الداليات ويتراوح طول طرد الداليات بين ٧-١٢ يوما، ينبغي العمل على زيادة إرتفاع الماء عن سطح الأرض بازدياد إرتفاع النبات حتى يصل إرتفاع الماء إلى ١٥-٢٠ سم في أثناء طور طرد الداليات.

طريقة الري

ويتبع نظام السلسلة في الري فتترك فتحات الري والصرف مفتوحة في هذه الطريقة بحيث لا تكون فتحات الري والصرف متقابلة مما يؤدي إلى بقاء سيرة الماء وتجديد الهواء حول النباتات مما يشجع النمو، أما في طور الإزهار والإخصاب فيبدأ الإزهار يوم طرد الدالية أو اليوم التالي وتفتح معظم أزهار النورة في اليوم الثاني إلى الرابع من ميعاد الطرد وتثبت حبوب اللقاح بعد إنتقالها إلى المياسم وتؤثر كثير من العوامل على إنبات حبوب اللقاح ومن أهمها درجة الحرارة والرطوبة الجوية النسبية. وتبدأ الحبة في التكوين في طور تكوين الحبوب ابتداء من إخصاب البويضة ويستمر نموها إلى تمام تكوين الحبوب وتنقل المواد الغذائية من الأوراق والسوق إلى الحبوب إلى أن يتم تكوينها وحينئذ تدخل في طور راحة. وينبغي العمل على منع مياه الري

عند ابتداء نضج الداليات وقبل الحصاد بمدة ٢-٣ أسابيع وتصرف المياه، ويلجأ بعض المزارعين بمصر عند نقص المياه إلى الري بمياه المضارف حتى لا تتعرض النباتات للعطش قبل المحصول ولا ضرر من ذلك إذا كانت مياه الصرف غير ملوثة وغير ملحية (لا يزيد كلوريد الصوديوم الذائب وكربونات الصوديوم الذائب عن ١٥٠ و ٣٠٠ جم /م^٢ على الترتيب).

تختلف كمية ماء الري اللازمة لزراعة فدان من الأرض باختلاف عوامل كثيرة من أهمها طريقة الزراعة حيث يزرع الأرض بطريقتين رئيسيتين وهما طريقة البدار وطريقة الشتل وتفضل طريقة الشتل لمزاياها العديدة التي من ضمنها توفير مياه الري حيث يتم زراعة الحبوب في المشتل لمدة شهر بعدها تنقل الشتلات إلى المكان المستديم، ولما كان فدان المشتل يزرع حوالي ٥-٧ أفدنة من الأرض المستديمة لهذا تتوفر كمية مياه الري لحوالي خمسة أفدنة لمدة ٣٠ يوما لكل فدان من المشتل، وتختلف كمية مقنن الحقل للأرض بالمناطق المختلفة من مصر حيث يقل في الوجه البحري ويرتفع في مصر الوسطى والعليا وكذلك في الأوقات المختلفة حيث يرتفع في الزراعة الصيفية ويقل في الزراعة النيلية.

يبلغ متوسط المقنن المائي للأرض للفدان في الزراعة الصيفية بالوجه البحري ومصر الوسطى ومصر العليا ٤٦١٩، ٤٦١٩، ٥٣٩٥ م^٣ على الترتيب وتقدر الكمية التي يحتاجها المزارعون لزراعة الأرض خمس حصة مصر من مياه النيل، ويعتبر موسم زراعة الأرض أكثر إجهادا للنظام المائي على الرغم من أن فترة وجوده في الأرض أقصر من محصول القطن. ويلقى قطاع الري صعوبة في توفير مياه كافية لمواجهة الطلب المتزايد على المياه لأن نظام الري مصمم لتغطية مساحة ٤٠% فقط من الأرض وتعتبر الأصناف الجديدة من الأرض (مثل جيزة ١٧٧) أعلى في الإنتاجية والجودة من الأصناف العابية خاصة إذا ما استخدم في زراعتها طرق الري الحديثة مع استخدام الأسمدة المناسبة وهذه الأصناف الجديدة من الأرض أقصر في العمر بحوالي ٤٠ يوما مما يمكن من إستغلال الأرض في زراعة محاصيل أخرى في نفس الموسم أو يسمح للمزارعين بزراعة محاصيلهم الشتوية مبكرا لفترة تتراوح ما بين ٢ إلى ٦ أسابيع مما يوفر في مياه الري.

قائمة المراجع

- مرسى م. ع. ١٩٧٩. محاصيل الحبوب، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٤٠٣ صفحة.
- مرسى م. ع.، نور الدين نعمت ع. ١٩٧٧. رى محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٣٣٢ صفحة.
- Chapman A L. and Mikkelsen D. S. 1963 Crop Sci 3, 392 ñ 397
- Datta S K. De., Abiday W P and Kalwar G N. 1975 Water Management in Philippine Irrigation Systems Research and Operations (IRRI), Los Banos, Philippines. pp 19 ñ 36
- Downey D A. Huey B A and Wells B R. 1977, Arkansas Farm Res. 26, 9
- Efferson J N 1972 Outlook for World Rice Production and Trade, in Rice: Science and Man, IRRI, Los Banos, Philippines. pp. 127 ñ 142
- Eyat N S 1958 Progress Report 2006, Texas Agric. Exp. Stn., Beaumont Texas. Texas A and M. Univ
- Huie R 1976 Geography and Climate of Rice, in Climate and Rice, IRRI, Los Banos, Philippines pp. 31 ñ 50
- IRRI Annual Report Los Banos, Philippines 1963, p 41
- IRRI Annual Report Los Banos, Philippines 1973 a, pp52-53
- IRRI Annual Report Los Banos, Philippines 1973 b, pp55
- Kar S., Varade S B., Subramanyam T K. and Ghildyal H P 1974. El Rao 23 (2), 173-179
- Krupp H K. Abiday W.P. and Alvarez E.J. 1972 Rice Breeding, IRRI, Los Banos, Philippines, pp 663-673
- Marten J H. and Leonard W H. 1970. Rice, in Principles of Field Crops Production, Macmillan, London, pp 495 ñ 518
- McDonald D J, Stansel J W. and Gilmore E C. 1971. Ind. J Genetics 43 A, 1068 ñ 1073
- Mitsui S. 1964 Dynamic Aspects of Nutrient Uptake, in The Mineral Nutrition of the Rice Plant, Johns Hopkins Press, Baltimore, Md. Pp. 53 ñ 62
- Ponnampetuma F N 1955 Ph. D. Thesis, Cornell University, Ithaca, New York
- Pradhan S K Varade S. B. And Kar S. 1973. Plant Soil 38(3), 501 ñ 507
- Sahu B.N. and Rath D. 1972. Ind J Agron 17 (3), 206 -215.

- Sharma B M , Gangwar M S and Ghildyal B.P 1975 El Riso 24(1), 31 ñ 35
- Stansel J.W 1975 The Rice Plant. Its Development and Yield, in Six Decades of Rice Research in Texas ,Res. Monogr. 4, Texas Agric. Exp. Sta., College Station, Texas, pp 9 ñ 21.
- Sugimoto K. 1970. a Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 39, 343 ñ 349 through T. Murakami, Physiological Aspects of Water Control in the Cultivation of Indica Rice Varieties, in Rice in Asia, Univ. Tokyo Press pp :276-292
- Sugimoto K. 1970.b. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 39, 350 ñ 354 through T. Murakami, Physiological Aspects of Water Control in the Cultivation of Indica Rice Varieties, in Rice in Asia, Univ. Tokyo Press pp :252- 276
- Yoshida S 1975 Factors That Limit the Growth, in Major Research in Upland Rice, IRRI Los Hano, Phillipines, pp: 46 ñ 71

القمح

Wheat.

Triticum sp.

يمثل القمح أحد المحاصيل الأساسية التي لعبت دوراً هاماً في تقدم المدنية بأوروبا وغرب آسيا وشمال أفريقيا. وقد تم استئناس القمح منذ أكثر من ٨٠٠٠ عام. وترجع أهميته إلى أنه مصدر مرتفع من الكربوهيدرات والجلوتين الذي هو عبارة عن نوع من البروتين له القدرة على اصطياك فقائيع ثائي أكسيد الكربون الصغيرة عند تخمر العجين مما يعمل على رفعه (Hanson et al, 1982). كما تتميز نشأ القمح بسهولة الهضم، وتتوافر به العناصر المعدنية والفيتامينات والدهون.

ويعتبر مصدر مهم لتغذية الحيوان وعلى الأخص الحبوب غير الصالحة لتغذية الإنسان بالإضافة للنخالة الناتجة من عملية طحن الحبوب الجيدة المستخدمة في إنتاج الدقيق. كما يستخدم في الصناعات المختلفة مثل المصنّفات وصناعة الورق والكحول وغيره من الصناعات المتعددة.

مناطق انتشار القمح

انتشر القمح بمعظم بلدان الكرة الأرضية أكثر من أي محصول تجارى آخر. ينمو في مدى واسع من المناطق الممطرة ودرجة الحرارة، أغلبها في المناطق التي تقع في مدى من خطوط العرض تتراوح ما بين ٢٥ - ٥٠. لقد عرف المركز الدولي لتطوير محصول القمح والذرة (CIMMYT 1996) ١٢ نوع من البيئات تتوافق فيها الرطوبة (الرئ، كثافة سقوط الأمطار أو قلة سقوط الأمطار) مع درجات الحرارة (درجات الحرارة المنخفضة ودرجات الحرارة المرتفعة) بالإضافة إلى الإجهادات البيئية والمرضية نصلح لنمو محصول القمح (Rajaram and Van Ginkel, 1996).

وتعتبر أفضل مناطق زراعته تلك المنحصرة بين خط عرض ٣٠-٦٠ شمالاً و٢٧-٤٠ جنوباً (Nuttonson, 1955)، إلا أنه من الممكن أن ينمو بالمناطق الممتدة من الدائرة القطبية إلى المرتفعات القريبة من خط الاستواء.

لقد أثبتت الدراسات الخاصة بالمركز العالمي لتطوير الذرة والقمح، التي أجريت خلال العقدین الأخيرین من القرن الماضي الجدوى الاقتصادية لإنتاج القمح بالمناطق الأكثر دفئا (Saunders and Hettel, 1994) حيث تبلغ درجة الحرارة المثلى لنمو حوالى ۲۵ م° بحد أدنى يبلغ ۳-۴ م° وحد أعلى يتراوح ما بین ۳۰-۳۲ م° (Briggie, 1980) ويمكن أن ينمو تحت مدى واسع من الرطوبة، فرغما عن نمو ثلاث أرباع المساحة التي ينمو عليها تستقبل معدل أمطار سنوية تبلغ ۲۷۵-۸۷۵ مم إلا أنه يستطيع أن ينمو تحت معدل أمطار يبلغ ۲۵۰-۱۷۵۰ مم (Leonard and Martin, 1963).

يزرع القمح بمساحات كبيرة بالعالم تزيد عن كثير من المحاصيل الأخرى، حيث تزيد مساحته عن ۲۵۰ مليون هكتار (الهكتار = ۱۰۰۰۰ م²). وتعتبر تجارته العالمية أكبر من تجارة المحاصيل الأخرى مجتمعة.

إنتاجية وتجارة القمح عالميا

رأى إنتاجية العالم من القمح بدرجة كبيرة في الفترة الممتدة من ۱۹۵۱-۱۹۹۰ حيث وصل إلى ۵۹۲ مليون طن عام ۱۹۹۰، وظلت إنتاجيته ثابتة تقريبا بعد ذلك رغما عن توقف زيادة مساحته المنزرعة طويلا كمصدر للدخل المرتفع (CIMMYT, 1996).

وفي عام ۲۰۰۸ سجل إنتاجه في العالم بین ۶۰۲ مليون طن كمتوسط عام وحتى ۶۸۶ طن كأعلى محصول عالمي. وتعد الصين هي المنتج الأكبر للقمح في العالم بنسبة ۴,۷۱% من الإنتاج العالمي تليها الهند ثم الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن الأخيرة هي المصدر الأول للقمح في العالم نظرا لتعداد سكانها الذي لا يتجاوز ۳۲۰ مليون نسمة مقارنة بعدد سكان الهند والصين اللذين يمثلان معا أكثر من ثلث عدد سكان العالم.

أنخفضت مساهمة الدول المرتفعة الإنتاجية من ۴۵% في خمسينات القرن الماضي إلى حوالى ۳۵% بينما ازدادت نسبة مساهمة الدول النامية بنسبة أكبر من ۴۵% من الإنتاج العالمي في الخمس سنوات الأخيرة من القرن الماضي.

ترجع الزيادة المطردة في إنتاجية القمح العالمية عبر السنوات إلى زيادة وحدة المساحة (الهكتار). حيث كان متوسط إنتاج الهكتار بالعالم قريب من الطن عام ١٩٥١ ارتفع إلى ٢ طن في أوائل ثمانينات القرن الماضي ليصل إلى ٢,٥ في عام ١٩٩٥، ويرجع ذلك في الأساس إلى تحسين كل من الأصناف، العمليات الزراعية، مقاومة الأصناف القصيرة Semi dwarf للأمراض، وعلى الأخص بالدول النامية، حيث زادت إنتاجية وحدة المساحة من القمح في مصر من ٢,٣ طن/هكتار (٩,٢٥ أردب/فدان) عام ١٩٨١ إلى ٦,٦ طن/هكتار (١٨,٠٥ أردب/فدان) عام ٢٠٠٠ (الأردب ١٥٠ كجم) ليصبح الإنتاج الكلي في ذلك العام حوالي ٨,٣ مليون طن متري، نتيجة لتحسين الأصناف المنزرعة مثل جيزة ١٦٨، جيزة ٧، سخا ٩٤ وسخا ٩٣ وسخا ٦١. ومنذ عام ٢٠٠٠ ظلت إنتاجية الفدان حول ٦,٦ طن/هكتار والمساحة المنزرعة من القمح حوالي ١,٢٥ مليون هكتار (حوالي ٣ مليون فدان وبقاء الإنتاج الكلي ٨,٣ مليون طن متري). من هنا يمكن القول أن الزيادة في إنتاجية القمح بمصر تعتمد على التوسع الأفقي بالأراضي الجديدة، حيث وصل الإنتاج السنوي للأراضي الجديدة والوادي الجديد إلى ١,٣٥ مليون طن عام ١٩٩٥، والزراعات المطرية ١,٦٨ مليون طن عام ١٩٩٤ (وزارة الزراعة- قطاع الشؤون الاقتصادية- الإدارة المركزية للاقتصاد الزراعي والإحصاء). وفي تركيا ارتفعت كمية المحصول من ٩ إلى حوالي ١٧,٥ مليون طن ما بين ١٩٧١-١٩٨٢ وكان لتأثير عمليات الري الفضل الكبير في ذلك. أما في الصين فقد ارتفعت إنتاجية مجموعة النجيليات من ١,٤-٤,٦ طن/هكتار من عام ١٩٦١-١٩٩٥. وفي الهند أزدادت في نفس الفترة من ١-٢,١ طن/هكتار (Borlaug and Dowsell, 1996 and CIMMYT, 1996).

وفي الفترة الممتدة من ١٩٩٣-١٩٩٥ كانت الصين تزرع أكبر مساحة من القمح يليها تانزانيا الولايات المتحدة الأمريكية ثم الهند فروسيا الاتحادية ثم كازاخستان ثم كندا، إلا أن الصين قد تبوأ قمة متوسط الإنتاج السنوي ليصل إلى أكثر من ١٠٠ مليون طن سنوياً متفوقة بذلك على كل من الولايات المتحدة الأمريكية والهند حيث بلغ المتوسط ما يقرب من ٦٠ مليون طن سنوياً وذلك لارتفاع متوسط محصول الهكتار بنسبة ٣٥% عام ١٩٩٤ عن عام ١٩٩٣.

وعادة ما يتم استهلاك أربع أخماس إنتاج العالم ويتم تصدير الخمس حيث وصلت كمية المصدر على مستوى العالم من الدول المتقدمة ما يساوى ١٠٨ مليون طن تذهب إلى الدول النامية. ورغم أن الصين تعتبر أكبر منتج للقمح في ذلك الوقت فقد كانت أيضا أكبر مستورد له بمتوسط بلغ ١٠ ملايين طن عام ١٩٨٠ (CIMMYT, 1996) أما بقية الدول فمستورد أكثر من ٥ مليون طن مثل مصر، روسيا، اليابان، والبرازيل. وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية، كندا، فرنسا وأستراليا أكبر الدول المصدرة. وتتميز قمح كندا بأعلى الأقماع جودة ومحتوى بروتين.

إن أكبر الدول المستهلكة للقمح تقع بشمال إفريقيا مثل مصر، الجزائر، ليبيا، المغرب، وتونس. وباستعراض أحوال إنتاج محصول القمح في مصر عام ٢٠٠٧/٢٠٠٨ مقارنة بعام ١٩٨٥/١٩٨٦ فقد بلغ متوسط إنتاجية الفدان ٢,٧٣ طن/فدان، بينما كان ١,٦ طن/فدان بنسبة زيادة قدرها ٧٠,٦% وكمية الإنتاج المحلي ٨ مليون طن، بينما كان ١,٩ مليون طن بنسبة زيادة قدرها ٣٢١,١%، المتاح للاستهلاك ١٤,٥ مليون طن بينما كانت ٩,١ مليون طن بنسبة زيادة قدرها ٥٩,٣%، بلغت إجمالي المساحة المحصولية ١٥,٢ مليون فدان خصت المساحة المنزرعة بالقمح ٢,٩ مليون فدان بنسبة ١٩,١% من إجمالي المساحة المحصولية في نفس الفترة المذكورة على الترتيب. وبلغ متوسط نصيب الفرد في مصر حوالي ١٨٣ كجم/سنة، عام ٢٠٠٧/٢٠٠٨ بينما كان ١٨٢ كجم عام ١٩٨٥/١٩٨٦ بنسبة زيادة قدرها ٠,٥% (الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء) ووصل الإنتاج إلى ٨,٨ مليون طن والمستورد إلى ١٤,٦ مليون طن في عام ١٩٩٣-١٩٩٥ أى بنسبة ١٥٠% من المنتج. وثبعا لنفس المصدر فإن نسبة الواردات إلى كمية المتاح للاستهلاك ٥٠,٧% وتغطي ٦,١ أشهر عام ٢٠٠٧/٢٠٠٨ بينما كانت ٧٤,٨% عام ١٩٨٦/١٩٨٧ وتغطي ٩ أشهر. ورغم تحديث المؤشرات الإحصائية عن محاولات الاكتفاء الذاتي التي تصل إلى ٥٠% من هذا المحصول من حجم الاستهلاك الكلى فنجد أن أجيال الاقتصاد والإحصاء والزراعة تؤكد أن نسبة الاكتفاء الذاتي لا تتعدى ٣٠% وفي أحسن الأحوال يمكن أن تصل إلى ٣٥% فقط وفقا للتحليل العلمي وهو ما يعنى أن ٧٠% من جملة الاستهلاك في مصر من القمح يعتمد على الإستيراد. وأوضحت دراسة أعدها المركز القومي للبحوث ومركز المعلومات واتخاذ القرار بمجلس الوزراء أن هناك قرارا بزيادة

مساحة القمح بمقدار ٤٠٠ ألف فدان وهو ما سيحقق إنتاج مليون طن بمعدلات الإنتاج الحالية. جاءت هذه الدراسة في الوقت التي تشير دراسة أخرى إلى أن سيب أزمة القمح في مصر هو الاعتماد النسبي على الاستيراد حيث تستورد ما يتراوح بين ٦-٩ ملايين طن بنسبة ٤٥% من الإستهلاك المحلي تستأثر الولايات المتحدة بنسبة ٥,١٤% وأستراليا ٧,٢٢% وأوروبا بنسبة ٧,٢١% وكندا ٦,٣% حتى وصل إجمالي الواردات إلى ٣٨% من قيمة الواردات الغذائية.

تبلغ المساحة المنزرعة في منطقة شمال إفريقيا ٥,٥ مليون هكتار يعتمد معظمها على الأمطار فيما عدا مصر التي تعتمد على الري الصناعي في معظم المساحة المنزرعة وعلى نسبة ضئيلة للغاية على تساقط الأمطار. يعطى الهكتار ١ طن في الزراعة المطرية ويرتفع إلى ما يزيد على ٦,٦ طن للهكتار تحت ظروف الري الصناعي بمصر عام ٢٠٠٠.

لقد وصل معدل الزيادة السنوية السكانية أكثر من معدل الزيادة في إنتاجية القمح خلال الفترة الممتدة من ١٩٩٣-٢٠٠٠ (CIMMYT, 1996) ولما كانت توقعات الزيادة السكانية عام ٢٠٢٥ ستصل بتعداد العالم إلى ٧,٥ مليار من البشر مما يلزم زيادة إنتاجية القمح بمعدل ٣٥% وذلك يفرض عدم زيادة نصيب الفرد من القمح عما هو عليه الآن (United State Census Bureau, 1998). لذلك لابد من زيادة الرقعة المنزرعة من القمح، رفع إنتاجية وحدة المساحة، استنباط أصناف جديدة ومزنة الغلة ومقاومة للأمراض وتقليص الفاقد قبل وبعد الحصاد، حتى لا يقع العالم في مشكلة صعبة تهدد إمداد العالم بالقمح لأجيال قادمة.

مراحل نمو القمح

تمتد فترة حياة نباتات القمح في مصر إلى ١٦٠-١٨٠ يوما ويتوقف ذلك على منطقة الزراعة. يمر النبات أثناء ذلك بمراحل عديدة من النمو الخضري والتمري، تتكون كل مرحلة بعدة أطوار، حيث تنقسم مرحلة النمو الخضري ومرحلة النمو التمري إلى العديد من من الأطوار، وفي أثناء هذه المراحل تمر بالمراحل الفسيولوجية التالية:

الإنبات إلى الإنباتاق، نمو الأَشطاء، خروج بادئات الأزهار أو ما يعرف بالصف المزروع، تفتح الأزهار وخروج المنك وسقوط حبوب اللقاح على المياسم، بداية إستطالة الساق، تكوين السنابل (تكون النباتات حلي أو ما يسمى بمرحلة طرد السنابل)، إمتلاء الحبوب والنضج. هذه المراحل يمكن تجميعها في المراحل التالية: مرحلة النمو الأولى (GS1) من الإنباتاق إلى الصف المزروع (خروج بادئات الأزهار). مرحلة النمو الثانية (GS2) من مرحلة الصف المزروع إلى مرحلة تفتح الأزهار (بداية إستطالة الساق ومرحلة طرد السنابل). مرحلة النمو الثالثة (GS3) تتضمن فترة إمتلاء الحبوب من تفتح الأزهار إلى نضج الحبوب، ويعرف النضج الفسيولوجي بأنه الوقت الذي يتم فيه تحول ورقة العلم والسنابل إلى اللون الأصفر (Hanft and Wych, 1982).

يختلف طول كل مرحلة مما سبق تبعاً للأصول الوراثية، درجة الحرارة، طول النهار، وسبعاد الزراعة:

١- مرحلة الإنبات إلى الإنباتاق أو تكوين البادرة Emergence: يتكاثر القمح بالثمرة التي هي عبارة عن حبة برة Caryopsis، تتكون من أغلفة الحبة وهي عبارة عن العديد من الطبقات وهي من الخارج إلى الداخل، غلاف الثمرة (البريكارب) وتوجد بالقصرة المادة الملونة التي تكسب الحبة اللون الخاص بها، ثم طبقة رقيقة عديمة اللون عبارة عن بقايا النبوسيلة، وكذلك الأندوسبيرم ويحاط بطبقة نشطة بنائياً تسمى طبقة الأليرون ولا تحتوى على حبيبات من النشا والأندوسبيرم النشوى ويحتوى على حبيبات النشا وجميع جلوتين الحبة، ثم الجنين ويوجد في قاعدة الحبة عند نقطة اتصال المشيلة بالمحور في الجانب المقابل للمجرى ويتكون من القصعة Scutellum والريشة Plumule ويمكن تمييز الغمد وحوالي أربع بادئات للأوراق وقمة الساق بمنطقة ريشة الجنين. ويشبه الغمد شكل قمع الخياطة الذي يغطي بادئات الأوراق ومرستيم الساق ثم الجذير Radicle الذي يكون الجذر الأولي.

وتمر الحبوب بعدة مراحل حين توافر الماء والأكسجين، حيث تتشرب بالماء لتبدأ بها التغيرات التي تساعد على إنبات الحبوب، حيث تتمزق الحبة من خلال منطقة البريكارب والقصرة وينمو الغمد Cleoptile خلال التربة أساساً بفعل نمو المرستيم

البيني الذي يوجد أسفل القمة النامية بحوالى ١٠ سم والذي يظل كذلك طوال نمو الغمد يكون شكل الغمد أنبوبى يبلغ طوله حوالى ٥٠ سم بقطر ٢ سم تشبه فمته شكل رصاصية البندقية Bullet وتتركز القصعة إنزيمات تحول نشا الأندوسبرم إلى سكريات ذائبة تمتصها القصعة. وعند نوافر الظروف الملائمة للإنبات من رطوبة ونهوية ينمو الجذير أولاً ثم الريشة وباستمرار النمو تتكون أربع جذور جنينية جانبية بالإضافة إلى الجذير الأولي، وبعدها بفترة قصيرة ينمو الغمد الذى يحيط بالأوراق النامية ويستمر الغمد فى النمو خلال سطح التربة إلى أن يتوقف إستطالته ويتوقف ذلك على عمق الزراعة فإذا كانت عميقة (٤٠-٦٠ سم) يتوقف الغمد قبل وصوله إلى سطح التربة إلا أن ذلك يمنع إنبطاق الورقة الأولى من الغمد حيث أنها غير مؤهلة لاختراق سطح التربة مما يودى إلى موت البادرة قبل ظهورها فوق سطح التربة.

يتميز المجموع الجذرى للقمح بنوعين من الجذور، الجذور الجنينية Seminal والجذور العرضية (الناجية)، نخرج حوالى ٦ جذور جنينية من الحنين عند الإنبات حيث يتدفع الجذر الأولى (الأصلى) خلال التربة يعقبه ٤-٥ جذور جانبية وهى التى تكون نظام الجذور الجنينية، تتعمق لمسافة ٢ م وتدعم النبات إلى أن تظهر الجذور العرضية الدعامية (الناجية). تظهر الجذور العرضية من العقدة الثالثة إلى العقدة السابعة السفلى للساق وتكون جذور العقد العليا ظاهرة فوق سطح التربة وقد لا تخترق التربة أحياناً ويصاحب ظهورها ظهور الأسطاء ويمكن رؤيتها لأول مرة عند ظهور الورقة الرابعة وفى بداية ظهورها تكون بيضاء اللون ذات بريق. يمتد المجموع الجذرى عند النضج لمسافة ١-٢ م إلا أن معظم إنبات المجموع الجذرى يكون فى القدم العلوى من التربة.

ينبغى أن يتوافر بهذه المرحلة قدر من الرطوبة لا يقل عن ٣٥-٤٥% من وزن الحبة (Evans et al. 1975)، وتثبت الحبوب فى درجة حرارة تتراوح ما بين ٤-٣٧ م° وتتراوح درجة الحرارة المثلى ما بين ١٢-٢٥ م° ولا يمنع حجم الحبة عملية الإنبات ولكن يؤثر على النمو والتطور والمحصول حيث وجد أن للحجم الكبير للتفاوت عدة سميزات بالمقارنة بالحبوب الصغيرة حيث تزداد سرعة نمو البادرات، أعداء الأسطاء الخصبة للنبات وكمية محصول الحبوب (Splide, 1989)

وتتضح هذه المميزات عند نمو المحصول تحت الإجهادات البيئية وعلى الأخص الجفاف (Mian and Nafziger, 1994).

٢- مرحلة التفريع القاعدي Tillering: تتميز نباتات القمح بالقدرة على تكوين الأفرع الجانبية والتي تعرف بالأسطاء. وتخرج الأسطاء من العقد الناجية أسفل سطح الأرض مباشرة من أباط الأوراق القاعدية على الساق الرئيسي وكذلك الأفرع الثانوية، وتختلف القدرة العددية للأسطاء تبعاً للأصول الوراثية حيث تتميز الأقماح الشتوية بأعداد أسطاءها الكثيرة، يليها الأقماح متوسطة الطول أو ما يعرف بالنصف قزمية أو القصيرة Semi dwarf، كما تتحكم أيضاً عوامل البيئة في أعدادها، ومن العوامل الهامة سواء كانت وراثية أم بيئية نذكر معدل ظهور الورقة Phyllochron (فيلوكرون عبارة عن طول الفترة اللازم لنمو ورقتين متتاليتين متماثلتين على نفس الساق في مراحل النمو المتماثلة) وميعاد تكوين بادئات الأزهار والتي تتأثر بطول الفترة الضوئية وعملية الإرتفاع. لانتج جميع الأسطاء سنابل والكثير منها يتم إجهاضه قبل الإزهار. وتعتبر عملية تكوين الأسطاء في النجيليات هامة للغاية حيث أنها تعوض النقص في أعداد النباتات بوحدة المساحة. يتكون أول شطاء من البرعم الثاني أو الثالث ويظل البرعم الموجود في عقد الريشة ساكناً ثم يموت وتنشأ أسطاء على البرعم الرابع والخامس أحياناً، وأحياناً من البراعم الأعلى من ذلك ويتوالى تكوين الأسطاء الثانوية والثالثية والرابعة من البراعم الموجودة في أباط الأوراق القاعدية للأسطاء المختلفة. وتتوقف أعدادها على العديد من العوامل مثل عدد النباتات بوحدة المساحة، ميعاد الزراعة، معديات التربة، الأصناف، العوامل الجوية، حجم التفاوى وقد تصل إلى ٣٠ إلى أكثر من ١٠٠ شطاء للنبات الواحد ويتناقص إرتفاع الفرع وعدد سلامياته ووزن سنبله كما يتأخر طرد ثورة الفرع طردياً بارتفاع الشطاء المتكون على الساق الأصلي أو الأفرع الجانبية (مرسى وعبد الجواد ١٩٦٧). وعادة ما تبدأ عملية التفريع عندما تكتمل نمو الورقة الثالثة على النبات وعند بداية خروج الورقة الرابعة على الساق الرئيسي.

٣- مرحلة الإستطالة: في هذا الطور تستطيل السلاميات الرابعة إلى السابعة حيث يزداد ارتفاع النبات ليصل إلى أقصى ارتفاع له ويتم ذلك في فترة قصيرة تبلغ

حوالي أسبوع ويعرف باسم Culm (عبارة عن إستطالة أربعة إلى سبعة عقد لتكوين أزهار الساق ويتم عملية الإستطالة باستكمال فترة التزهير). وتنتهى الإستطالة بتزهير النبات وتظهر سنبله الساق الرئيسى أولاً يعقبها ظهور سنابل الأشطاء بنفس ترتيب ظهور الأشطاء ولا تنتهى جميع أشطاء النبات بسنابل كما سبق القول.

٤- طور الإزهار: تزهى النباتات بعد طرد السنابل بحوالى ٥-٦ أيام وتزهى سنبله الساق الرئيسى ممتدة من هذا الموقع إلى أعلى وأسفل، تتكون نورة القمح من سنبله مركبة لها محور يتكون من عدد من السلاميات المتبادلة، توجد سنبله فى قمة كل سلامية. تتكون سنبله القمح من العديد من الأزهار، تغلف السنبله عدد ٢ من القبايع Glume كما تخرج كل زهرة Floret من إبط قنابة تسمى العصافه الخارجيه Lemma لها سفي طرفى Awn، يتكون الغلاف الزهرى من ٦ وريقات فى غلافين، الورقة الأمامية فى الغلاف الخارجى غائبة، تتحد ورقتان لتكون العصافه الداخليه أو ما يعرف بالأنث Palca أما باقى الوريقات فتكون صغيرة بيضاء اللون تسمى الفيلسات Lodocules. تتكون أعضاء الذكير Androecium من ستة أسدية Stamen يتكون كل منها من المتك Anther والخيط Filament. أما أعضاء الأنث فتتكون من المتاع Gynoecium الذى يتكون من ثلاث كرايل ملتحمة ذات مسكن واحد وبويضه واحدة Ovule والمتاع له قلمان Style ينتهى كل منهما بميسم ريشى Stigma. الثمرة برة Caryopsis محدبة من السطح الظهري إلا أن الغلاف الثمرى يتجمع عند القاعدة لوجود الجنين، يوجد مجرى بالجهة البطنية من الحبة يمتد من القاعدة إلى القمة كما توجد خصلة من الشعر القصير الأملس على الطرف القمى للحبة. وعند تفتح الأزهار تطلق حبوب اللقاح لتلقيح الكرايل وإخصاب البويضات لتكون الحبوب.

لكى تنهى نباتات القمح للإزهار ينبغي أن تتعرض لعملية الإرتباج، وذلك بتعرضها إلى درجة الحرارة المنخفضة التى عادة ما تتوقف على الأنماط المختلفه حيث ذكر (Ahrens and Loomis, 1963) أن عملية الإرتباج تحدث بالتعرض لدرجة حرارة تتراوح ما بين صفر - ١٢ م° وأن القمح الربيعى يحتاج للتهيئة

للإزهار إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٧-١٨ م° لمدة تتراوح ما بين ٥-١٥ يوم والقمح الشتوى ما بين ٠-٧ م° لمدة ٣٠-٦٠ يوم (Evans et al. 1975). وتوجد بعض الأصول الوراثية التي يتأثر إزهارها بطول الفترة الضوئية فبعد عملية الإرتجاع تختلف هذه الأصول في حساسيتها للضوء. ويمكن القول أن معظم الأصناف المنزرعة نباتات نهار طويل حيث يسرع إزهارها بزيادة طول النهار بينما لا تحتاج لطول محدد للنهار لدفع التبركات للإزهار (Evans et al. 1975 and Major and Kimry, 1991). ولقد لاحظ (Stefany (1993 عدم حساسية القمح لطول فترة النهار أثناء الإنبات حيث تتكون بادئات المجموع الخضري فقط في هذه المرحلة. على حين أن الأوراق المتكاملة التفتح هي أعضاء النبات الحساسة لطول الفترة الضوئية وليست القمم المرستيمية (Barcello et al. 1992 and Bernier et al. 1993). ويكفى وجود ورقة واحدة أو جزء منها تتعرض لطول الفترة الضوئية الملائمة لتهيئة القمح للإزهار وبداية مرحلة الإثمار.

٥- طور نضج الحبوب: تمر حبوب القمح بعدة أطوار يمكن إجمالها في التالي:

- طور النمو اللبني: وفيه تمتلئ الحبوب بعصير مائي يحتوي على كثير من حبيبات النشاء وعند الضغط عليها يسيل عصير لبنى. وفيه لا يبلغ الجنين حجمه الكامل، ويمكن للحبة أن تنبت إلا أن البادرات الناتجة تكون ضعيفة.
- طور النضج الأصفر (العجيني): يصير مستوى الحبوب عجيني والحبوب ذات قوام طرى.
- طور النضج النام: تصل الحبوب إلى أقصى حجم لها وتتمام تكوينها وعادة ما تصل إلى هذا الطور بعد ٣-٥ أيام من الإخصاب.
- طور النضج الميت: وفيه تضمر الحبة وتزداد صلابتها ويفقد الكثير من الحبوب في هذا الطور أثناء الحصاد.

القدرة المحصولية Yield Potential:

عبارة عن كمية المحصول الناتجة عن التوافق بين التركيب الوراثي للمحصول والظروف البيئية المتاحة في ظل الممارسات الزراعية المثلى ودون التعرض

للإجهادات البيئية. ولقد وجد كل من (Stafer et al 1996) أن هناك علاقة قوية بين القدرة الإنتاجية للقمح وعدد حبوب المتر المربع لمجموعة من الأصول الوراثية. وكما هو معروف فإن أعداد الحبوب تتكون في الفترة الممتدة بين ٢٠ - ٣٠ يوم قبل الإزهار وبعد ١٠ أيام من التزهير. هذه الفترة ثوابت موت الأسطاء والأزهار مواكبا ذلك للنمو النشط للسيقان والسنايل. وعند زيادة أعداد الحبوب ومهما كانت عملية الانتقال المباشر لزيادة القدرة الإنتاجية فإن ذلك لا يعوض النقص في أوزان الحبوب. ولقد ناقش (Stafer et al 1996) انخفاض وزن الحبوب بزيادة أعدادها قائلا بأن ذلك ليس فقط لنقص المواد الممثلة والمنقلة للحية بل ذلك أيضا لزيادة أعداد الحبوب القليلة الوزن المنتجة من السنبيلات الموجودة بقاعدة النورات. ويعبر عن كمية محصول الحبوب من خلال المعادلة التالية:

$$\text{كمية المحصول} = \text{عدد الحبوب} / \text{م}^2 \times \text{وزن الحبة جم}$$

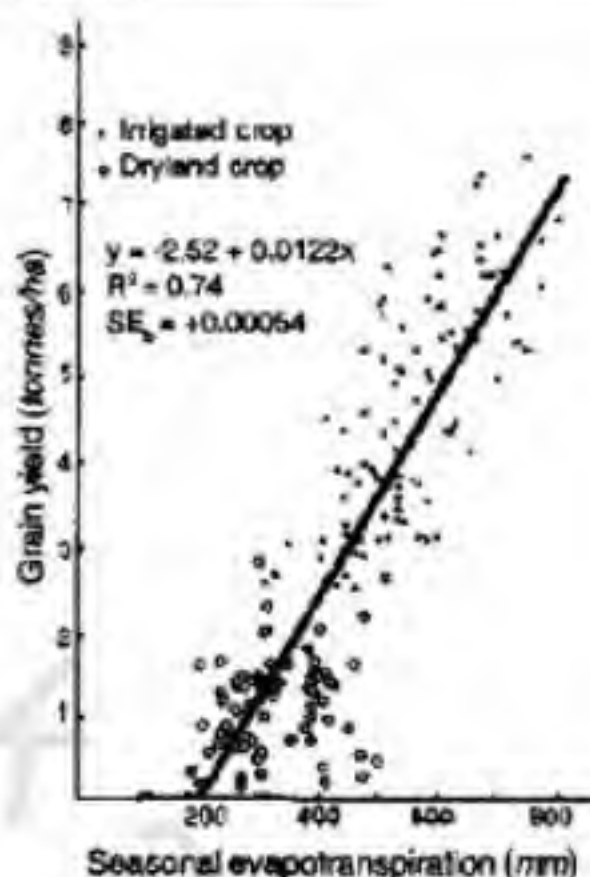
أى أن الذى يتحكم فى كمية المحصول عدد أو/ و وزن الحبوب. وعادة ما تكون قدرة المحصول المحسوبة من هذه المعادلة أكبر من كمية المحصول الفعلية حيث قد يصل عدد الحبوب المحسوبة نظريا ١٨٠ ألف حبة /م² على حين تصل فى الواقع إلى ١٨ ألف حبة فقط /م². ويرجع ذلك إلى التأثير التنافسى للمصادر المحدودة مثل الضوء، النيتروجين وعملية التمثيل الضوئى أثناء نمو السنبلة والتي تسبب فقد أعداد كبيرة من الحبوب، وينقص هذا العدد أيضا بنقص البورون والتعرض لإجهاد الجفاف الشديد مما يعمل على زيادة العقم ونقص تكوين الحبوب ومن المعروف أن درجة الحرارة والإشعاع الشمسى أهم العوامل المؤثرة على أعداد الحبوب بالمتر المربع، على حين يعتمد وزن الحبوب على الأصل الوراثى وإمداد المواد المسألة لوعاء المحصول بعد فترة الإزهار. وبعد الماء يأتى النيتروجين حيث أن ٢٥ كجم من النيتروجين يلزم لإنتاج طن من حبوب القمح. أوضح (Abbate et al 1995) أن هناك ارتباط قوى بين محتوى السنبلة من النيتروجين أثناء الإزهار وعدد حبوب المتر المربع وبالتالي كمية المحصول.

فسيولوجيا القمح والإجهادات البيئية

يتعرض القمح لإجهادات بيئية متعددة متفردة أو متجمعة تؤثر بالسلب على قدرة التعبير الوراثي للنمو والتطور والإنتاجية، والتي من أهمها التعرض لنقص الماء. لقد أمكن تخفيف وطأة التأثير السلبي الضار من خلال إتباع إستراتيجية رئيسية تتمحور في الري، وإستصلاح الأراضي وإستخدام الأسمدة وغيرها من العوامل، إلا أن المشتغلين بعلوم الإقتصاد والبيئة قد قللوا من شأن هذه الإستراتيجية حائذين على الإهتمام بأبحاث المقاومة الوراثية والإجهادات البيئية. ويمكن القول أن ٧١% من نقص القدرة الإنتاجية للقمح السنوية بالولايات المتحدة الأمريكية ترجع إلى عوامل الإجهادات البيئية. ينقص محصول القمح من خلال عوامل عديدة مثل التعرض للجفاف، الملوحة، التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة وقلة نيتروجين التربة.

الإجهاد الجفافى

الإجهاد الجفافى شائع ومنتشر فى الطبيعة ويحدث بالأماكن التى يقل فيها إمتصاص المحصول للماء عن متطلبات البخر للغلاف الجوى حيث يتضمن ذلك عمليتين رئيسيتين: الأولى إمتصاص المحصول للماء ويتم التحكم فيه من خلال الجذور وخصائصها والأرض وخواصها، والثانية بواسطة معدل النتج بخر للمحصول ويعتمد على خواص الغلاف الجوى وعلى الأخص صفات الإشعاع الشمسى، ونقص ضغط الانتشار، صفات المحصول مثل الغطاء النباتى الذى يكسو سطح الأرض ومعدل التوصيل الشعري. وبالرغم من هذه التأثيرات إلا أن القمح قادر على النمو فى بيئات مختلفة. ينقص محصول حبوب القمح بالتعرض للإجهاد الجفافى حيث توجد علاقة خطية موجبة تربط بين معدل النتج بخر للمحصول أو إن شئت قل نتج المحصول ومحصول الحبوب للمحاصيل ثلاثية (القمح) ورباعية الكربون (الذرة)، لذلك ينقص محصول الحبوب بالتعرض للإجهاد الجفافى كما هو موضح بالشكل (٩-١).



شكل (٩-١) العلاقة بين محصول الحبوب ومعدل النتج بخر الموسمي للقمح المروى والزراعة الجافة

إن المراحل الفسيولوجية التي يمر بها نبات القمح تتأثر بالإجهاد الجفافى الذى من الممكن أن تتعرض له فى أى مرحلة من مراحل النمو. إلا أن أكثر المراحل تأثراً وأكثرها حرجاً هو تعرض النبات لنقص الماء فى مرحلة النمو الثانية (GS2) حيث تتحدد أعداد حبوب القمح. وفيما يلى عرض لأثر الإجهاد الجفافى على مراحل النمو المختلفة:

- مرحلة إنبات الحبوب إلى إنبثاق البادرات: إن كمية المطر والبيئات الجافة قد تؤدي إلى تعريض النباتات إلى الجفاف فى مراحل النمو الأولى مما يؤثر على إنبات الحبوب وأعداد النباتات القائمة فى الحقل، بالإضافة إلى نقص وزن الحبوب، ضعف الإنبات وارتفاع الإعاقة الميكانيكية التى قد تؤثر بالضرر على أعداد النباتات القائمة بالحقل. توجد علاقة ارتباط بين حجم الحبوب ومحتوى البروتين والجذور والمجموع الخضري بنباتات القمح (Ries and Everson, 1973).

يلعب حجم التقاوى والتعرض للجفاف دوراً هاماً في إنبات الحبوب ونمو البادرات حيث يؤدي تعرض الحبوب للجفاف مبكراً للتأثير على الإنبات ونمو البادرات، كما أن حجم الحبوب ومحتواها من البروتين يؤثر على بداية خروج الجذور وظهور المجموع الخضري الهوائي (Ries and Everson, 1973) حيث أوضح العديد من الباحثين أهمية التأثير الإيجابي لكبر حجم التقاوى على إنبات القمح وتكوين البادرات (Kalakanavar et al. 1989 and Singh 1970)، بالإضافة إلى تقليل التأثير السلبي حين تعرضها للجفاف مبكراً على إنبات الحبوب الكبيرة الحجم لتكوينها جذور كثيفة تمكنها من الحفاظ على التوازن المائي حين توافر الماء القابل للإستفادة بأعمق التربة (Mian and Nafziger, 1994). ويمكن الإستدلال على التراكيب الوراثية التي تتحمل الزراعة العميقة عن طريق طول عمق الریشه وتعتبر صفة وراثية تلعب دوراً في تحسين نمو البادرات (ICARDA, 1987) حيث يمكنها التغلب على ما يعرف بالبداية الزائفة للماء وذلك حين سقوط الأمطار بكميات غير كافية لاستكمال عملية الإنبات، حيث ينبغي زراعة الحبوب عميقاً في التربة في المناطق التي تبدأ مواسمها بأمطار خفيفة حتى لا تؤدي كميات المياه القليلة إلى إنبات التقاوى قبل وصول معدل الأمطار إلى الحد الذي يبلغ ١٠ سم المسطحية من التربة.

- مرحلة إنبات التقاوى إلى بداية تكوين بادرات الأزهار (بداية تكوين السنبليات الطرفيتين أو ما يعرف بالنصف المزدوج Double Ridge: وهي تعرف بمرحلة النمو الأولى كما سبق القول. يؤدي تعرض نباتات القمح للإجهاد الجفافى في مرحلة النمو الأولى (GS1) إلى طول معدل الفترة اللازمة لتكوين الأوراق المتماثلة على الساق أو ما يعرف بالفيلوكرون Phyllochron وذلك لقمح الحبز والقمح الدكر (Simane et al. 1993). يعتبر معدل ظهور الورقة Phyllochron مؤشر جيد وقوى لفهم تطور نمو النجيليات ومن هنا فقد ذكر Cutforth et al (1992) أنها تعتمد بدرجة كبيرة على درجة الحرارة ولكن عند نقص الماء والنقص الشديد من الأزوت (Longnecker et al. 1993) يؤثر معدل خروج الورقة في الأقماح الربيعية، إلا أن نمذ الأوراق يكون حساس بدرجة كبيرة إذا وصل الجهد المائي من -٠.٧ إلى -١.٢ ميجاباسكال (Eastham et al. 1984). كما أن الأشطاء تكون حساسة جداً حتى أنها قد تصل إلى نصف المعدل المفروض تحت ظروف الجفاف الشديد (Rickman et al.

(Peterson et al, 1984 and 1983) والنتيجة أن أكثر العمليات الفسيولوجية تأثراً بالإجهاد الجفافى تكون دليل مساحة الأوراق ويكون ذلك أثناء هذه المرحلة. إن تعرض النباتات لنقص الماء قبل تكوين بادئات الأزهار مباشرة يقلل من بانئات تكوين السنبيلات فى هذه المرحلة (Oosterhuis and Cartwright, 1983) كما فى جدول (٩-٢).

- مرحلة ازدواجية الصف إلى الإزهار Double ridge to anthesis: تسمى هذه المرحلة بفترة النمو الثانية كما سبق القول، وتستمر إلى ١٠ أيام بعد الإزهار، ويتميز بنمو أعضاء النبات المختلفة (جذور، أوراق، سيقان، والسائل) لذلك نعتبر من أنشط مراحل نمو القمح وبذلك فحين تعرضها إلى نقص الرطوبة بدرجة خفيفة إلى متوسطة ينقص دليل مساحة الأوراق الذى يتبعه نقص فى عملية التمثيل الضوئى نتيجة لغلط فتحات الثغور جزئياً (Aceveda et al 1991). وبدأ الغلق عند وصول الجهد المائى للأوراق إلى ١,٥ ميجاباسكال (Kabata et al. 1992 and Palta et al, 1994). يؤدى غلق الثغور إلى نقص محتوى الورقة الداخلى من ثنائى أكسيد الكربون الذى بدوره يعمل على نقص إنتقال اليكترون إثارة الضوء الممتص وباستمرار ذلك يمنع الضوء فيدمر النظام الضوئى Photo-inhibition بأكمله (Long et al, 1994).

جدول (٩-٢) تأثير الإجهاد الجفافى على بعض مكونات المحصول وكفاءة إستخدام الماء أثناء المراحل المختلفة من حياة القمح.

Parameter	Stress period			
	Grain filling	Anthesis	Pre-anthesis	Control
Leaf area index at booting stage	٥,٠٠	٥,٠٠	٣,٣٠	٥,٠٠
Fertile tillers/m ²	١٨٥,٠٠	١٣١,٠٠	٦٥٨,٠٠	٥١٣,٠٠
Grains/spike	٣١,٤٠	٢٧,١٠	١٣,٠٠	٣٢,٧٠
Weight of 1000 grain (g)	٤٩,٢٠	٥٣,٧٠	٥٥,٢٠	٥٦,٣٠
Grain yield (g/m ²)	٦٥٨,٠٠	٤٩٨,٠٠	٥٥٩,٠٠	٧٧٩,٠٠
Harvest index	٠,٥٢	٠,٥٣	٠,٥٠	٠,٥٢
WUE (kg grain/ha mm ETa)	١٥,٢٠	١٢,٤٠	١٤,٦٠	١٦,٨٠

WUE: water use efficiency, ET: evapotranspiration

Source: Hochman (1982)

لذلك فتوافر الماء بوسط النبات يعمل على فتح الثغور ليس فقط لتبريد أسطح النبات وإنما لاستمرار الإمداد بناتى أكسيد الكربون الذى يحافظ على إستمرارية تفاعلات الضوء-الظلام وتوظيف إنتقال الإليكترونات (Loomis and Amthor, 1996). يحافظ الكلوروفيل على خاصية الوميض المنبعث من جزيئاته عندما يزيد امتصاص الضوء عن كفاءة تفاعلات الظلام لذلك فقد ذكر (Seaton and Walker, 1990) أن الإلتعاع الضوئى يستعمل الآن على نطاق واسع لاختبار تأثير الإجهاد على المحاصيل.

لقد أوضح (Hochman, 1982) حدوث نقص حاد فى أعداد حبوب القمح عند التعرض للإجهاد الجفافى أثناء فترة نمو السنابل والوصول إلى أقصى نقص فى المحصول عند تعرض النبات للإجهاد الجفافى بدءاً من ١٠ أيام قبل إنبثاق السنابل، كما أنه يقلل من أعداد السنبيلات بالسنبلة للأشعاع الخصبية (Hochman 1982 and Mostafa et al, 1996) وذلك نتيجة لموت الأرحار بقاعدة السنبلة وقمتها (Oosterhuis and Curtwright, 1983) حيث أن نمو السنابل يحتاج إلى الكربون والنيروجين القابل للاستفادة فى هذه المرحلة الحرجة من التطور وكلاهما يقل بالتعرض للإجهاد الجفافى.

ولقد وجد عبد الحواد وآخرون (١٩٩٣) (Abdel-Gawad et al, 1993) عند دراسة تأثير الإستهلاك المائى وجدولة الري وعلاقته بالنسبة النيتروجينية لنبات القمح بمصر أن نظام الري أدى إلى نقص معنوى فى المحتوى الرطوبى (الماء الكلى، الماء الحر والماء المرتبط) بأنسجة نصل ورقة العلم عند الحرمان من الري فى طور طرد السنابل أو طور النضج اللبنى بالنسبة لمعاملة المقارنة، بينما لم تلاحظ فروق معنوية فى المحتوى الرطوبى عند الحرمان من الري فى طور التفريع. كما أدى التعطيش فى مرحلة التفريع أو طرد السنابل إلى زيادة فى محتوى البرولين الكلى بأنسجة نفس الورقة مقارنة بالنباتات التى لم تتعرض للتعطيش فى أى مرحلة من مراحل النمو المختلفة للنباتات.

- **مرحلة الإزهار إلى النضج:** يتأثر إزهار القمح بالتعرض لنقص الرطوبة حيث ذكر (Simane et al, 1993) أن التعرض قرب الإزهار للجفاف يسرع من إزهار النبات كما أوضح (Nicholas and Turner, 1993) نقص تراكم الكربوهيدرات الذاتية فى السنابل فى المرحلة المعتمدة بين مرحلة الإزهار إلى مرحلة الزيادة الخطية للنمو

الحبوب لذلك فإن هناك أهمية لعدم تعرض نبات القمح للإجهاد الجفافى فى هذه الفترة حيث أضاف كل من Palta et al, 1994; Kiniry, 1993; Richards and Townley-Smith, 1987) أهمية إنتقال المواد الممتلئة قبل الإزهار إلى الحبوب حيث تقل عملية التمثيل الضوئى بالتعرض للإجهاد الجفافى مما يؤدي إلى نقص المواد الممتلئة مما يؤثر على إمتلاء الحبوب بالإضافة إلى أن المواد الكربوهيدراتية غير البنائية أى التى لا تساهم فى بناء الأنسجة وتمتلئ بالأوراق والسيقان تساهم معنويًا فى نمو الحبوب، وعند تعرض النبات أثناء إمتلاء الحبوب للإجهاد الجفافى ينقص وزن الحبة لقصر فترة إمتلاء الحبوب لسرعة الدخول فى مرحلة الشيخوخة إلا أن أعداد الأشطاء للخصبة لا تتأثر (Hochman 1982). وربما يؤخر رش النباتات بمحلول مخفف من أورثو فوسفات البوتاسيوم (بوريد فو) بمعدل ١٠ كجم للهكتار التأثير المشجع لارتفاع الحرارة والتعرض للجفاف للدخول فى مرحلة الشيخوخة مما يعمل على زيادة محصول القمح (Benbella and Paulsen, 1998). وتبين أنواع القمح المختلفة فى تحملها للجفاف حيث ذكر كل من (Sojak et al, 1981) أن قمح الخبز ذو الساق الطويل يتميز بالمقاومة المرتفعة للجفاف على حين أن الأقماح القصيرة Semi Dwarf متوسطة التحمل ويكون القمح الذكر حساس للجفاف.

علاقة نقص الماء ومحصول القمح

لقد قام الباحثون بدراسة إمكانية التعرف على كمية محصول الحبوب عند التعرض للجفاف حيث ذكر (Passionura, 1977) إمكانية حساب محصول حبوب المحاصيل الشتوية تحت ظروف الإجهاد الجفافى تبعاً للمعادلة التالية:

$$\text{كمية محصول الحبوب} = \text{معدل النتح (T)} \times \text{كفاءة عملية النتح (II)} \times \text{دليل الحصاد (III)}$$

حيث أوضح (Aceveda (1987) and Richards and Townley-Smith (1987) إمكانية تطبيق هذه المعادلة لحساب كمية محصول النجيليات الشتوية تحت ظروف الإجهاد الجفافى وأن محصول الحبوب يزداد بزيادة معدل النتح وأضاف Venora and Calcagno (1991) and Aceveda and Fereres (1993) أن الأصول الوراثية التى تحتفظ بفتح ثغورها أثناء التعرض للإجهاد الرطوبى تتميز بارتفاع كمية محصولها.

علاقة الصفات المختلفة بامتصاص وفقد الماء

تقسم الصفات المورفولوجية والفسيولوجية ذات العلاقة بامتصاص الماء وفقدته إلى صفات لامتنصاص الماء تتضمن الجذور، ضبط أسموزية الخلايا، محاليل الخلايا وأعشية الخلايا (Aceveda et al, 1998). أما صفات فقد الماء فتتمثل في نقص عملية النتج تبعاً لألوان الأوراق (Van Oosterom and Acevedo, 1992)، حركة الورقة، كيوين سطح الورقة (Upadhasaya and Fumes, 1994) وسلوك الثغور (Venora and Calcagno, 1991) وكفاءة عملية النتج (Austin et al, 1990) والفرق بين درجة حرارة الجو والمجموع الخضري للنبات (Blum et al, 1988 and Rees et al, 1993).

لقد أوضح Morgan and Condon (1986) ارتفاع كفاءة ضبط أسموزية الخلايا لصالح المحصول بسلالات قمح الخبز والقمح الذكر حيث بلغ ١١-١٧% للأول و ٧% للثاني. وفي حالة محصول القمح النامي بالمناطق المطرية فإن تبخير الماء من سطح الأرض يكون ذو تأثير كبير على المحصول وعلى الأخص قبل تكامل الغطاء النباتي مما يؤدي إلى تعرض مساحات من سطح الأرض إلى الأشعة الضوئية. وفي هذه الحالة ينبغي على منتج النبات رفع كفاءة استخدام الماء من خلال الإدارة المزرعية المناسبة.

أثر الملوحة على القمح

يتأثر نمو القمح بالملوحة من خلال ما يأتي:

- الجهد الأسموزي والذي يؤدي إلى تقليل الماء القابل للاستفادة بواسطة النبات.
- الإجهاد الأيوني.
- تغيرات الإيزان الأيوني (Kirst, 1989).

لذلك تتأثر الكثير من العمليات الفسيولوجية لنبات القمح بالتعرض للملوحة إلا أن أكثرها تأثراً نقص نمو الخلايا ومساحة الأوراق والمجموع الخضري وكمية المحصول. ويعتبر القمح من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة (Shannon, 1997). وحيث أن للماء علاقة وطيدة بزيادة إنتاجية المحصول وحيث أن عملية الري هي

السائدة تحت ظروف الزراعة الجافة، ولما كان الري يؤدي إلى زيادة ملوحة التربة حيث عادة ما يحتوي المتر المكعب منه على ٠.١-٤ كجم من الملح لذلك فقد ذكر (Shannon, 1997) أن إضافة ١-١,٥ متر مكعب من ماء الري يتسبب في إضافة من ١-٦ طن سنوياً للهكتار.

إن زيادة قدرة التوصيل الكهربى لمستخلص التربة عن ٤,٥ ديسيمنز/متر تعمل على إنقاص أعداد النباتات القائمة في الحقل بوحدة المساحة وحين وصولها إلى ٨,٨ ديسيمنز/متر تنقص البادرات بنسبة ٥٠% (Francois et al, 1986) مما يؤثر بالسلب على كمية المحصول. ولقد وجد (Maas and Grieve (1986 أن ملوحة التربة تؤدي إلى تطور القمة وطول فترة بقاء الأوراق Phyllochron ونقص أعداد السنبيلات على الساق الرئيسى وإسراع نضج المحصول قبل الأوان وهذا يعمل على خفض كمية المحصول تحت هذه الظروف.

وفي دراسة على صنفين من القمح (جيزة ١٥٧ وسخا ٨) بجنوب سيناء بمصر بمنطقة وادى سيدرا، استخدمت المياه الجوفية المحتوية على نسبة من الأملاح الذائبة تتراوح ما بين ٢٤٠٠-٣٨٠٠ جزء في المليون لري نباتات القمح ذكرت نور الدين وآخرون (١٩٨٤) (Noureldin et al (1984 عدم وجود خلاف في صفات النمو بين الصنفين الناميين تحت ظروف الري بالماء ذو التركيز المرتفع من الأملاح.

وفي دراسة أخرى بمصر على تأثير مثل أربع أصناف من القمح (سخا ٨، جيزة ٣، سندس ٤ وسندس ٧) والتي رويت بمياه مالحة تراوحت تركيز أملاحها ما بين ٢٠٠٠-١٢٠٠٠ جزء في المليون، بالإضافة إلى معاملة المقارنة والتي رويت بماء الصنبور بالممثل على ارتفاع نباتات القمح في الممثل ثم شتلها بالأرض المستديمة مع إمكانية أقلتها لظروف الملوحة. ذكرت نور الدين وآخرون (٢٠٠٠) (Noureldin et al (2000 أن متوسط ارتفاع جميع بادرات الأصناف قد انخفض باستخدام التركيزات المنخفضة من ٢٠٠٠-٦٠٠٠ مقارنة بمعاملة ماء الصنبور، إلا أن الخلاف لم يكن معنوياً، لذلك فقد نقلت بادرات القمح إلى المكان المستديم بالحقل بعد ٢٠ يوم من الزراعة، حيث أزدادت كمية محصول الحبوب لتفقدان لصنفى سخا ٨ وجيزة ٣ بزيادة التركيز إلى ٢٠٠٠ جزء في المليون.

قائمة المراجع

- الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء <http://www.capmas.gov.eg/>
- مرسيم، ع.، عبد الجواد ع. أ.، ١٩٦٧. محاصيل الحقل، الجزء الثاني، زراعة محاصيل الحقل، الطبعة الثالثة، دار النشر مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر. صفحات ٧٨٣.
- وزارة الزراعة - قطاع الشؤون الاقتصادية - الإدارة المركزية للإحصاء والإحصاء ١٩٩٤.
- Abbate, P.E., Andre, F.H and Culot, J.P. 1995 J. Agric. Sci., 124: p 351-361.
- Abdel - Gawad, A.A., Nemat A. Noureldin, M.A. Ashoub and M.A.Kashabab 1993. Ann. of Agric. Sci. (38) -1 p183-192.
- Aceveda, E., 1987. In J.P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo & S. Varma, Eds. Drought Tolerance in Winter Cereals. P. 303-320. Chichester, UK, Wiley.
- Aceveda, E. 1991 Proc. ICARDA-INIA Symp., Cordoba, Spain, 26-29, Oct. 1987, p 85 - 96.
- Aceveda, E. & Fereres, E. 1993. In M.D. Hayward, N.O. Bosemark & I. Romagosa, eds. Plant breeding principle and prospects. Pp. 406-421. London, Chapman & Hall.
- Aceveda, E., Silva, H. & P. 1998. For. Tecn. Esta. Exp. Agron., 49(1-2): 1-28.
- Ahrens, J.F. and Loomis, W.E. 1963. Crop Sci., 3: p 463-466.
- Austin, R.B., Crauford, P., Hall, A., Aceveda, E., Da Silveira, B. & Nagy, E. 1990. Bull. Soc. Bot. Fr. 137. Act. Bot., 1: 21-30.
- Barcello, J., Nicholas, G., Sabater, B. and Sanchez, R. 1992. Fisiologia Vegetal, Madrid, E. Piramida, Sa. P 662.
- Benbella, M. & Paulsen, G.M. 1998. Agron. J., 90: 332-338.
- Bernier, F.R., Havelange, A., Housa, C., Petitjean, A. and Lejeune, P. 1993. Plant Cell, 5: 1147-1155.
- Blum, A. 1988. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, 223.
- Borlaug, N.E., and Downswell, C.R. 1996. The acid lands: one of agriculture's last frontiers. In A.C. Moniz, A.M.C.
- Briggie, L.W. 1980. In E. Hallinger, ed. Wheat documents bibliography, p 6-13.
- CIMMYT 1996, CIMMYT 1995, world wheat facts and trends, understanding global trends in the use of wheat diversity and international flows of wheat genetic resources Mexico, DF.

- Cutforth, H.W., Jame, Y.W. and Jefferson, R.G. 1992. Can. J. Plant Sci. 72: 1141-1151.
- Eastham, J., Oosterhuis, D.M. & Walker, S. 1984. Agron. J., 76: 841-847.
- Evans, L.T., Wardlaw, I.F. and Fisher, R.A. 1975. Wheat. In L.T. Evans ed. Crop physiolo., p 101-149. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Francois, L.E., Maas, E.V., Donovan, T.J. & Youngs, V.L. 1986. Agron. J., 78: 1053-1058.
- Hanfl, J.M. & Wych, R.D. 1982. Crop Sci., 22: 584-587.
- Hanson H., Borlaug N.E. and Anderson, R.G. 1982. Wheat in the third world. Boulder, Co, USA, Westview Press.
- Hochman, Z.V.I. 1982. Field Crops Res., 5: 55-67.
- ICARDA, 1987. Cereal improvement program annual report. Aleppo.
- Kalokonavar, R.M., Shashidhara, S.D. & Kulkarni, G.N. 1989. Seed Res., 17(2): 182-186.
- Kiniry, J.R. 1993. Agron. J., 85: 844-849.
- Kirst, G.O. 1989. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 40: 21-53.
- Kobata, T., Palta, J.A. & Turner, N.C. 1992. Crop Sci., 32: 1238-1242.
- Leonard, W.H., and Martin, H.H. 1963. Cereal Crop. New York, NY, USA. MacMillan Publisher.
- Long, S.P., Humphries, S., and Falkowski, P.G. 1994. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 45: 633-664.
- Longnecker, N., Kirby, E.J.M., and Robson, A. 1993. Crop Sci., 33: 154-160.
- Loomis, S.R. & Amthor, J.S. 1996. Limits of yield revisited. In M.P. Royond, S. Rajaram & A. McNab, eds. Increasing yield potential in wheat breaking the barriers. Pp. 76-89. Mexico, DF, CIMMYT.
- Maas, E. & Grieve, C. 1986. Appl. Agric. Res., 1(1): 12-20.
- Major, D.J., and Kiniry, J.R. 1991. Predicting daylength effect on physiological processes. In T. Hodge, ed. Predicting Crop Phenology, p. 15-280, Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- Mian, M.A.R. & Nafziger, E.D. 1994. Crop Sci. 34: 169-171.
- Morgan, J. and Condon, A.G. 1986. Austr. J. plant Physiol. 13: 523-532.
- Moustafa, M.A., Boersma, I., & Kronstad, W.F. 1996. Crop Sci. 36: 982-986.
- Nicholas, M.E. & Turner, N.C. 1993. Field Crops Res., 31: 155-171.
- Noureldin, Nemat, A., A.M. Hegazi, M. A. Abd El-Gawad and Salem M. O. M. 1984. Egypt J. Agron. 9 (1-2) pp. 29-38.
- Noureldin, Nemat, A., S.H. Hassanien, M.O.M. Salem and Howaida, A. Maamoun (2000). 8th Conf. Dev. Res., Fac. Agric., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt, Nov. 20-22, 2000. Annals Agric. Sci. Sp. Issue 3, 917-933, 2000.

- Nuttinson, M.Y. 1955. Wheat-climatic relationship and the use of phenology in ascertaining the thermal and photo-thermal requirements of wheat. Washington, DC, American Institute of Crop Ecology.
- Oosterhuis, D.M. & Cartwright, P.M. 1983. Crop Sci. 23:711-716.
- Palta, J.A., Kohala, T., Turner, N.C. & Fillery, I.R. 1994. Crop Sci. 34: 118-124.
- Passoura, J.H. 1977. Austr. Inst. Agric. Sci., 43: 117-120.
- Peterson, C.M., Klepper, H., Pumphrey, F.B. & Rickman, R.W. 1984. Agron. J., Agric. Res., 38: 983-992.
- Rajaram, S., and Van Ginkel, M. 1996. Wheat special Report No. 5. Mexico, DF, CIMMYT.
- Rees, D., Savra, K., Acevedo, E., Nava, L., Lu, Z., Zeiger, E. & Jamon, A. 1993. Wheat Special Report No. 10. Mexico, DF, CIMMYT.
- Richards, R.A. & Townley-Smith, T.V. 1987. Austr. J. Agric. Res., 38: 983-992.
- Rickman, R.W., Klepper, H.L. and Peterson, C.M. 1983. Agron. J., 75: 551-556.
- Rice, S.K. & Everson, F.H. 1973. Agron. J., 65: 884-886.
- Saunders, D.A. & Hettel, G.P., eds. 1994. Wheat in heatstressed environments irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems. Mexico, DF, CIMMYT.
- Seaton, G.R. and Walker, D.R. 1990. Proc. Royalsoc. Lond, B., 242: 29-35.
- Shannon M.C. 1997. Adv. Agron., 60: 75-120.
- Simane, H., Peacocks, J.M. and Struik, P.c. 1993. Plant soil, 157: 155-166.
- Sringh, B.P. 1970. Madras Agric. J., 57(8): 149-152.
- Slafer, G.A., Calderini, D.F. & Muralles, D.J. 1996. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In M.P. Reynolds, S. Rajaram & A. McNab, eds. Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers. Workshop Prog., Cd. Obregon, Mexico, 28-30 Mar. 1996. Mexico, DF, CIMMYT.
- Sojka, R.E., Stolzy, L.H. & Fisher, R.A. 1981. Agron. J., 73: 8383-844.
- Spilke, L.A. 1989. J. Prod. Agric. 2: 169-172.
- Stefany, P. 1993. Wheat Special Report No. 22. Mexico, DF, CIMMYT. Stamp, Cordoba, Spain, 26-29 Oct. 1987, p.85-96.
- United State Census Bureau. 1998. Total and year population for the world, 1950-2050. Data Updated in June, 1998. [http:// www.census.gov/www/worldpop.html](http://www.census.gov/www/worldpop.html)
- Upadhyaya, M.K. & Furnes, N.H. 1994. Can. J. Bot. 72: 1379-1386.
- Van Oosterom E.J. & Acevedo, E. 1992. Euphytica, 62: 1-14.
- Venora, G. & Calcagno, I. 1991. Euphytica, 57: 275-283.

القطن

Cotton

Gossypium sp.

يتبع الجنس جوسيبيم *Gossypium* لفصيلة الخبارية *Malvaceae* والتي تضم حوالي ٤٠-٥٠ جنس وحوالي ١٠٠ نوع تنتشر في المناطق الإستوائية وتحت الإستوائية وتعتبر أربعة منها ذات أهمية إقتصادية في الزراعة وهي *G. herbaceum*، *G. arboreum* وعدد الكروموسومات لكل ١٣ بالجاميطات و ٢٦ بالخلايا الجسمية وتتبعها أقطان الدنيا القديمة. و *G. Barbadense*، *G. hirsutum* وعدد الكروموسومات لكل ٢٦ بالجاميطات و ٥٢ بالخلايا الجسمية وتتبعها أقطان الدنيا الجديدة.

يتبع القطن المصري جوسيبيم *Gossypium* ويرادنس ويعتبر من أجود أقطان العالم من حيث جودة صفات النيلة، ونباتاته شجيرات معمرة إلا أنه يزرع سنوياً في مصر كمحصول حولى.

تمتد زراعة القطن في مصر من أقصى الجنوب إلى أقصى الشمال حيث يزرع في الأرض الطينية والطينية الصفراء، كما يزرع في الأراضي الثقيلة ويزرع في أراضي الإصلاح بعد الترسيد والأرز، ولا يزرع بأراضي الجزائر والسواحل لارتفاع خصوبتها مما يؤدي إلى زيادة النمو الخضري ونقص النمو الثمرى.

تمتد حياة نبات القطن مبعة أشهر في مصر العليا والوسطى حيث يزرع في فبراير ويحصى في أواخر أغسطس، ونحو ثمانية أشهر في الوجه البحرى حيث يزرع في مارس وقد يتأخر عن ذلك ويحصى في سبتمبر وقد يتأخر عن ذلك.

ويمكن تقسيم حياة نبات القطن إلى فترتين وهما فترة النمو الخضري وفترة النمو الزهرى، وتمتد الفترة الأولى في شهرى فبراير ومارس وتمتد الفترة الثانية بعد شهرين من الزراعة أى من حوالى منتصف شهر أبريل حتى نهاية حياة النباتات، وتلاحظ مرحلتان مهمتان أثناء فترة النمو الزهرى والثمرى وهما مرحلة التزهير ومرحلة التلويز وتمتد مرحلة التزهير من شهر مايو حتى شهر أغسطس تقريباً وتمتد

مرحلة التلويز من يوليو حتى سبتمبر تقريبا ويتأثر طول وميعاد هاتين المرحلتين بكثير من العوامل التي من أهمها ميعاد الزراعة والعوامل البيئية.

وبواكب الفترة الخضرية من حياة نبات القطن الحرارة المرتفعة والإضاءة الشديدة أخذت في الارتفاع وبواكب فترة التزهير والتلويز لدرجات حرارة وشدة إضاءة أخذت في الانخفاض.

مورفولوجيا النبات

أولاً- الجذر: يتميز نبات القطن بجذر وتدى عميق يصل إلى عمق ٢,٥ - ٣ م (الشونى ومحمد ٢٠٠٣) ويتوقف العمق على الصنف ونوع الأرض ودرجة حرارة ورطوبة الأرض وغير ذلك من العوامل. تنمو الجذور الجانبية عندما يصل طول الجذر الأصلي إلى حوالي ٢٠ سم متعامدة على الجذر الأصلي في أربعة صفوف طولية وتنمو أفقياً في التربة لمسافة معينة قبل أن تتعمق بها وبذلك فإن المجموع الجذري عادة ما يأخذ شكل المخروط المقلوب في حالة الزراعة على مسافات واسعة، أو شكل أسطوانى من أعلى ومخروطى من أسفل في حالة الزراعة المزدحمة. ويختلف عدد وإمتداد هذه الجذور إذ قد تمتد لنحو مترين عند زراعة النباتات متباعدة عن بعضها بينما يكون قطاع الأرض مزدهما بجذور النباتات المتقاربة ويمكن تقسيم الجذور الجانبية إلى ثلاث مناطق وهي:

- منطقة الجذور الجانبية: وتمتد لعمق ٢٠-٢٥ سم وتحمل جذورا جانبية قوية.
- منطقة باقى الجذر الرئيسى: وتحمل جذورا جانبية ضعيفة النمو.
- منطقة الجذور السفلية: تمتد فى نهاية الجذر وتخرج منها مجموعة جذور صغيرة وتنشأ قريبا من مستوى الماء الأرضى أو فوق طبقة صلبة من الأرض.

ثانياً- الساق: ساق القطن غير محدود النمو إلا أن درجة ذلك تتوقف على الصنف المنزوع، تتكون الأوراق على الساق الرئيسى بمعدل ورقة كل ٣-٤ أيام معتمدة في ذلك على درجة الحرارة (McArthur et al, 1975)، يوجد برعمين في قاعدة

كل ورقة واحدة ربما تنمو لتعطى إما فرع خضرى أو فرع ثمرى (Mauney, 1968 and 1979). أما الأفرع الأخرى فتتكون من البراعم الإبطية لتعطى إما أفرع خضرية أو أفرع ثمرية. وعادة ما يخرج أول فرع ثمرى من العقدة السادسة إلى العقدة التاسعة فوق مكان خروج الفلقات، وبمجرد نمو الفرع الثمرى فإن مرستيم المحور Axis يستهلك فى إنتاج ورقة وبرعم زهرى. ويبدأ البرعم الإبطى فى النمو عند بدء البرعم الزهرى فى التطور ويتم تتابع السلالمات من محاور الأفرع الجديدة فى إنتاج أشكال متطابقة من الأفرع الثمرية على شكل حلزوني (Mauney, 1968 and Eaton, 1955). لقد ذكر الشونى ومحمد (٢٠٠٣) وجود برعمين فى إبط كل ورقة أحدهما مركزى ويسمى البرعم الإبطى والآخر ثانوى ويسمى البرعم الجانبى ويوجد على يمين أو شمال البرعم الإبطى وتنمو البراعم الإبطية إلى أفرع خضرية تشبه الساق الأصلية تماما فى نموها بينما تنمو البراعم الجانبية أو الثانوية معطية أفرعا ثمرية وعادة ينمو برعم واحد فقط من هذه البراعم بينما يظل الآخر ساكنا. وتتوقف طبيعة تفريع النبات وكذلك مناطق الساق المختلفة على نمو هذه البراعم، فإذا ظل كلا البرعمين ساكنين فى منطقة ما سميت بالمنطقة العارية أو الجرداء وهى خالية من الأفرع وتشتمل الثلاث أو الأربع عقد السفلى من النبات كما فى القطن المصرى وإذا نمت البراعم الإبطية فقط أعطت أفرعا خضرية وسميت منطقة الساق فى هذه الحالة بالمنطقة الخضرية وتبدأ من العقدة الرابعة وتمتد فى بعض الأصناف إلى العقدة الثانية عشر كما فى القطن المصرى والعكس إذا نمت البراعم الثمرية فقط فإنها تعطى أفرعا ثمرية وتسمى تلك المنطقة بالمنطقة الثمرية وتبدأ من العقدة السابعة إلى الثانية عشر وتمتد حتى قمة النبات.

ثالثا- الأوراق: الورقة بسيطة ذات عنق لها أذنان تسقط أحيانا مبكرا وتخرج الأوراق على الساق عند العقد فى نظام حلزوني تبعا لنظام الفيلوتاكس Phyllotax والنظام الشائع فى أقطان الدنيا الجديدة التابع لها القطن المصرى هو نظام ٨/٣ (وتعنى أنه فى حالة إمرار خيط بقواعد ثمانية أوراق فإنه يدور حول الساق ثلاث مرات). وتختلف أوراق القطن فى شكلها وحجمها وقوامها وعمق تقصيص نصلها وعند الفصوص وشكلها.

رابعاً- الزهرة: تتكون الزهرة من تحت الكأس، الكأس، التويج، الطلع والمناخ. يحمل الفرع الثمرى عدداً من الأزهار يختلف من زهرتين أو ثلاثة وفي العادة من ٥-٨، والزهرة منتظمة خنثى سفلية.

خامساً- اللوزة: تعرف الثمرة في القطن باللوزة وهي علبة ثلاثية أو خماسية المساكن حيث تفتح مسكناً عند النضج إلى عدد من الفصوص. يختلف باختلاف عدد المساكن (الشونى ومحمد ٢٠٠٣). وبعد الإخصاب مباشرة يبدأ نمو اللوزة وتستغرق مدة تختلف تبعاً للصنف فهي حوالى ٥٠ يوماً في الأقطان المصرية وتتراوح في الأقطان الأمريكية من ٤٥-٧٠ يوماً وتتأثر مدة نضج اللوزة بدرجة كبيرة بالعوامل البيئية وتنمو في الحجم ابتداءً من الإخصاب وحتى اليوم الخامس والعشرين أو السادس والعشرين حيث تصل إلى الحجم الكامل وبعدها لا يحدث لها تغيير حتى اليوم ٤٥-٤٨ حيث تبدأ في التشقق والتفتح وفي اليوم ٥٠ يستمر تفتحها وتصبح صالحة للجنى.

سادساً- الشعرة: عبارة عن خلية واحدة من خلايا بشرة البذرة وتنشأ نتيجة إسقاطة الجدار الخارجى الرقيق لخلايا البشرة حتى تصل الطول النهائى للشعرة ثم يترسب عليها السيلولوز بعد ذلك.

النمو والتطور

إن القطن من النباتات الطويلة العمر حيث يبلغ في المتوسط ١٥٠-٢٢٠ يوماً معتمداً في ذلك على الصنف والظروف الجوية. يعتبر نبات القطن من المحاصيل الحساسة للبرودة حيث تصاب أنسجته بأضرار حين يتعرض لدرجة حرارة تتراوح ما بين ١٠-٥°م.

يمر نبات القطن بالعديد من أطوار النمو التى تتأثر بالعوامل البيئية المختلفة والتي يمكن إسماعها فيما يأتى:

- الإنبات والإنبثاق: يمكن فصل طور إنبات بذور القطن إلى مرحلتين، الأولى وتتعلق بتسرب البذور بالماء، إستئناف نشاط المواد المخزنة، نمو الجذور إلى تمزق غلاف البذرة. أما المرحلة الثانية فتتضمن عمليات نمو السويقة الجنينية السفلى

والجدير الذي ينتج عنها إنبات ونمو البادرة القوية. ولإتمام المرحلة الأولى ينبغي أن يتوافر تدرج في الجهد المائي بين البذور والأرض بالإضافة إلى ضرورة حدوث تلامس بين حبيبات الأرض وبذور القطن لانتقال الماء الكاف من الأرض إلى البذور. عادة ما يبلغ الجهد المائي للبذور الجافة ١٠٠٠٠ بار، من ذلك يتضح أن هذه الظروف تكون مواتية لعملية إنبات القطن إلا في ظروف الإجهادات البيئية القاسية. وعلى ذلك ففي حالة توافر الماء الملائم بالأرض ودرجة الحرارة تحدث عملية تشرب البذور بالماء خلال ٣٦-٤٨ ساعة الأولى حيث يتم في خلال هذه الفترة إمتصاص القدر الكافي من الماء بحيث يزيد وزن البذرة بحوالي ٨٠% وحجمها ٥٠% ويكون النشاط البنائي منخفض في أثناء ذلك ويعتمد إمتصاص الماء على العمليات الطبيعية وليست العمليات البيوكيميائية ويحدث حتى بانخفاض درجة الحرارة. يتم إستئناف نشاط المواد الممتلئة بسرعة بعد تشرب البذور الماء وتكون هذه المرحلة أكثر مراحل الإنبات حساسية لدرجة الحرارة وتتميز الخلايا المنتخضة بزيادة البوليوسومات وتمثيل الأحماض النووية مما يسمح بنجاح عمليات نسخ وانتقال المعلومات الوراثية المخزنة في الجينات لاستئناف العمليات الضرورية لانقسام الخلية ونمو أعضاء النبات.

إن عملية إنبات البادرات تتطلب نمو السويقة الجنينية السفلى لرفع فلقات البذور إلى أعلى سطح الأرض لمسافة ٥-٨ سم بالإضافة إلى نمو الجنير ليختلل الأرض لتمكين النبات من زيادة مسطح الإمتصاص حتى يكون قادرا على إمداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية. إن نمو كل من السيقان والجذور يكون حساس للعوامل الصغرى للمناخ والصفات الطبيعية لمهد البذور وعلى الأخص درجة الحرارة، الجهد المائي وصفات الأرض. وتبلغ درجة الحرارة المثلى لنمو كل من السويقة الجنينية السفلى والجنير مقدار ٣٤.٤ م° والحد الأعلى والأدنى ٤١.٩ و ٤.٤ م° على الترتيب. لذلك ينبغي تأخير الزراعة إلى أن تزداد درجة حرارة الأرض إلى أكثر من ١٦ م° لتنبت البذور بعد ٥-١٠ أيام عند زراعتها على عمق ٤-٧ سم، تستطيل السويقة الجنينية السفلى بسرعة بمعدل ٢-٥ أضعاف حجمها مقارنة بما كانت عليه قبل عملية الإنبات حاملة الفلقتين خلال ٧ أيام حيث تقوم الفلقات بعملية التمثيل الضوئي.

عند تعرض نباتات القطن إلى إجهاد أسموزي يبلغ - ١٠ بار ينقص معدل نمو الجذير بما قيمته ٢٨% على حين تصل هذه النسبة إلى ٨٧% للتسوية الجينية السفلى وذلك حينما تكون درجة الحرارة قريبة من الدرجة المثلى.

تحتاج بادران بذور القطن في العادة إلى ثلاث أيام للإنبات من عمق ٥ سم عندما يكون الجهد الأسموزي - ٠,٣ بار على حين تحتاج البذور سبعة أيام عندما يكون الجهد الأسموزي - ٣,٠ بار. ولا تنبت البذور حتى ١٢ يوما عندما يكون الجهد الأسموزي مساويا - ١٠ بار (Wanjura and Buxton, 1972).

وعموما تحتاج نباتات القطن لكميات كبيرة من المياه لإنبات بذورها عن كثير من بذور المحاصيل الأخرى لكبر حجم الفلقات ولاحتياج الفلقات لكميات كبيرة من الماء لتأديت مركباتها، وينبغي توافر الماء بالأرض لضمان إنبات البذور ويلجأ المزارع بعد وضع البذور الجافة في الزراعة بدون رية كدابة إلى ري الأرض على المارد لضمان إضافة قدر كبير من الماء للأرض وفي الأرض المالحة تغمر الأرض بالماء ثم تصفى في اليوم التالي وبعد إنبات الزراعة بعد الري كدابة تروى الأرض ريا غزيرا قبل وبعد الزراعة بالبذور الجافة في الأراضي الثقيلة والملحية والكثيرة الحشائش وتوضع البذور المبثلة (لضمان الإنبات) بالأرض بعد رية كدابة وتتبع هذه الطريقة في الزراعة المبكرة والأراضي الثقيلة والكثيرة الحشائش وفي هذه الحالة تتوفر رية بعد الزراعة وهي الطريقة النمساوي أو إن شئت قل الزراعة ببذور مبثلة بالمقارنة مع طريقة الري المزدوج أو المكفر أو الزراعة ببذور جافة.

- **النمو الخضري والمحصول:** إن نباتات القطن تتميز بقدر من المرونة الإنتاجية (الإنتاج) التي تعد النباتات بالوسائل التي تمكنه من التحكم فيما تحمله من ثمار كاستجابته للإمداد المائي حيث تتكون أعداد كبيرة من الأشكال المختلفة من الثمار مثل الوسواس أو اللوز الصغير، تؤدي هذه المرونة إلى تساقط وفقد نسبة من هذه الأشكال للحفاظ على التوازن بين النمو الخضري والنمو الثمري. وتعتمد هذه الوسائل لضبط أعداد ما يحمله النبات من ثمار على التعرض لنقص الماء من حيث الميعاد، الشدة والمدة. وعموما فإن نقص الماء ربما يغير من أماكن العقد التي

تحمل أعدادا كبيرة من الثمار وتنسحب في تساقط الوسواس واللوز الصغير. لقد وجد (Mauney 1979) أن ثمار القطن الناتجة على العقد الأولى من كل فرع ثمرى لها فرصة أكبر على البقاء مقارنة بغيرها الناتجة على العقد الأعلى وقد يعكس ذلك احتمال تنافس اللوز الأكبر في العمر والمتكون مبكرا على العقد المنخفضة على نفس الفرع الثمرى على نتائج عملية التمثيل الضوئي لتمييز اللوز الأكبر في العمر بسرعة النمو. وبمجرد بداية التزهير فإن المدة بين الأزهار وبعضها البعض تبلغ 6-8 أيام على نفس الفرع الثمرى مما يؤدي إلى أن الأزهار المتكونة أولا على العقد تصبح أقوى مصيبا للمواد الممثلة مقارنة ببقية اللوز مما يؤدي إلى قروق كبيرة في معدل النمو وترتفع النسبة المئوية لهذه الظاهرة للنباتات النامية تحت ظروف الإجهاد الجفافى (Stockton et al. 1961). وفي غياب تأثير العوامل الخارجية فإن حالة الكربوهيدرات والنيتروجين لها علاقة وثيقة بآثار النمو بين المجموع الخضري والمجموع الثمرى. وتتضح هذه العلاقة في التأثير المباشر للإجهاد الغذائى الذى ينشأ نتيجة للتأثير غير المباشر لتعرض القطن للإجهاد الجفافى.

وتعتبر فترة التزهير والتلقيح هما الفترتين الحرجتين بالنسبة لنقص الماء إذ تقل حيوية حبوب اللقاح بدرجة كبيرة بتعرض النباتات للإجهاد المائى ويؤدى تأخير الرى في بداية فترة التزهير لمدة لا تزيد عن خمسة أيام إلى تحديد النمو الخضري للقطن والتكبير في تفتح اللوز. ولا يصاحب تأخير الرى في بداية التزهير نقص في كمية المحصول. ويؤدى نقص الماء أثناء فترة التزهير وتكوين اللوز لنقص كمية المحصول لقدر قد يبلغ نحو 30% بينما لا يزيد النقص عن 5% بالتعرض للإجهاد المائى أثناء فترة تكوين البزاعم الزهرية.

تستغل نباتات القطن الماء من الأرض أثناء حياتها ويزداد مقدار الاستهلاك المائى اليومي لنباتات القطن باستمرار بتقدم العمر حتى شهر أغسطس في الظروف المصرية ثم ينخفض بعد ذلك. يختلف العمق الذى يمتص منه نبات القطن بأكبر قدر أثناء حياته إذ يسود الإمتصاص من القطاع السطحي حتى 20 سم من سطح الأرض في الفترة الأولى من حياته، ثم ينشط الإمتصاص من عمق 20-40 سم في أوائل مايو ثم من

عمق ٤٠-٦٠ سم في أوائل يونيو ومن ٦٠-٩٠ سم في الأسبوع الثالث من يونيو (المغربي، ١٩٦٦).

ويبلغ مقدار المائي للقطن ٢٨١٨، ٣٥٤١، ٣٨١٣ م^٢ بالوجه البحري ومصر الوسطى ومصر العليا على الترتيب ويرجع إزدياد المائي من مُعال مصر إلى جنوبها أساسا لارتفاع درجة الحرارة وإزدياد شدة الإضاءة وانخفاض الرطوبة الجوية النسبية.

يعتبر الري كل ١٥ يوما ابتداء من الري الأولى بعد رية المحاياه أفضل ميعاد للري بشمال وجنوب الدلتا ومصر الوسطى وتؤدي إطالة فترة الري إلى ١٩ يوما لنقص كمية المحصول بمقدار ١٦,٥% في شمال الدلتا، ١٨,٥% في جنوب الدلتا و ٢٣,٤% في مصر الوسطى (خليل وآخرون، ١٩٥٩). وينصح في مصر العليا بري النباتات في مايو ويونيو ويوليو كل ٨-١٠ أيام، ويتصح بنقص فترة الري إلى نحو ١٢ يوما أثناء شهري يونيو ويوليو. وعادة ما تروى رية المحاياه بعد ٢٠ يوما من الزراعة.

يوقف ري القطن عادة ابتداء من شهر أغسطس (مصري) إذ يخشى الزراع زيادة النمو الخضري للنبات وإصابة اللوز المتأخر النضج بديدان اللوز ويلجأ المزارع إلى ري القطن في أوائل مسري في الأراضي الملحية السهلة الصرف، وحينما تكون النباتات في طور الإزهار واللوز ما زال صغيرا. ويجب مراعاة النقاط التالية عند ري القطن:

- ١- ضمان وصول الماء إلى الجور عن طريق الشبع بمنع الري بمجرد وصول مستوى الماء إلى قاعدة الجورة.
- ٢- زيادة كمية ماء الري بالأراضي المالحة مع صرف الماء الزائد.
- ٣- تقارب فترات الري بالأراضي المالحة.
- ٤- ري القطن ربا غزيرا في الري الرابعة أو الخامسة في حالة تهيج النباتات ونموها نموا خضريرا قويا لضمان دفع النباتات للإزهار.

قائمة المراجع

- الشونى ك.ع، ومحمد أ.ع. ٢٠٠٣. الطبعة الثانية. نشأة وتقسيم محاصيل الحقل. الناشر عالم الكمبيوتر والطباعة، القاهرة، مصر.
- المغربي م. ط. ١٩٦٦. رسالة ماجستير كلية زراعة جامعة عين شمس، القاهرة، مصر.
- خليل ع، السيلوى أ. ف.، قصري أ. والجبالي أ. ١٩٥٩. مؤتمر الحبوب الأول المجلس الأعلى للحبوب، القاهرة، مصر.
- Eaton F M 1955 Annu Rev Plant Physiol 6. 299
- Mauney J.R 1968 Morphology of Cotton Plant, in Elliott P. C., Hoover M. and Porter W K. Jr. Eds, Advances in Production and Utilization of Quality Cotton Principles and Practices. Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp 23-40
- Mauney J.R. 1979. Flowering, Fruiting and Cutout. Production of Fruiting Points, Proc. Beltwide-Cotton Production Res. Conf., pp 256-261
- McArthur, J.A., Hesketh J.D., and Bakes D.N 1975. Cotton in Evans, ed. Crop Physiology: Some Case Histories. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp 295-325
- Stockton J.R., Doreen L. D. and Walwood V. F. 1961. Agron. J. 57, 135.
- Wanjara D.F. and Buxton D.R. 1972. Agron J 64, 431

البقوليات Grain Legumes

تتعدد الحاصلات البقولية المنزرعة في مصر وأهم هذه الحاصلات

١- الفول البلدى (*Vicia faba L.*) Faba bean: ويتميز بوجود طرزين: الأول عريض البذور major والثاني صغير أو متوسط البذور minor وهو من محاصيل الحقل الهامة في مصر وتستخدم بذوره في تغذية الإنسان والحيوان.

٢- العدس (*Lens culinaris, Medik*): ويعتمد المصريون في استخدامه لتعويض نقص البروتين الحيواني إلا أن المساحات المنزرعة منه في مصر لا تكفي سد الاحتياجات منه.

٣- الحمص (*Cicer arietinum, L.*) Chick pea: وتستخدم بذوره الجافة في تغذية الإنسان والدواجن وبعض أصنافه تستخدم بذورها الخضراء في تغذية الإنسان.

٤- الترمس (*Lupinus termis, Forsk*) Lupin: ومنه الأنواع المرء والخلوة وتستخدم في تغذية الإنسان والحيوان بعد التخلص من القلويدات التي تسبب هذه المماره.

٥- الحلبة (*Trigonella foenum graecum, L.*) Fenugreek: وتستخدم بذورها ومجموعها الخضري في تغذية الإنسان وقد تضاف البذور إلى غذاء الحيوان.

وتزرع هذه الحاصلات في مصر من أقصى الجنوب إلى أقصى الشمال في الأراضي الصفراء والأراضي الثقيلة، كما يزرع الترمس والحلبة بالأراضي الرملية، وتزرع جميع هذه الحاصلات في الموسم الشتوي. فتزرع البقوليات في جميع أنحاء مصر في شهري أكتوبر ونوفمبر وتتضح في أواخر مارس وأبريل. وتمتد فترة نمو البقوليات في الحقل بين ٤-٦ أشهر، إذ تبلغ فترة نمو الحلبة ٤-٥ أشهر والعدس والفول الجاف ٥-٥,٥ أشهر. والحمص والترمس ٥-٦ أشهر.

وتنقسم حياة النبات إلى أطوار ومن أهمها طور الإنبات وطور التفرع القاعدي وطور الإزهار وطور الإخصاب وطور إمتلاء البذور.

تتميز جميع البقوليات بالجذر الوتدي الذي يتعمق في الأرض لأعماق تختلف بين البقوليات وبعضها ويتعمق جذر الترمس بالأرض أكثر من البقوليات الأخرى كما يتميز جذر الحلبة بتعمقه نوعاً. يتميز الجذر الوتدي للقول بخرج الجذور الثانوية في أربعة أسطر رأسية، القاعدية أطولها وتتناقص أطوال الجذور ناحية القمة فتبدو ظاهرة التعاقب القمي واضحة ويتميز العدس بخرج عديد من الجذور الثانوية على الجذر الوتدي.

يلتزم نمو البقوليات بتوافر الرطوبة الأرضية بقدر يتراوح من ١٠٠% - ٥٠% من السعة الحقلية بالقدم العلوى من سطح الأرض ويؤثر الإجهاد المائي على كمية المحصول وأهم أطوار حياة البقوليات حساسية للماء هي طور نمو البادرات وطور الإزهار وطور تكوين القرون ويبلغ مقدار المقنن المائي أثناء حياة النبات للفدان ٨٠٠، ١٠٥٠، ١٤٤٠ م^٢ للقول و ١٠٠٠، ١١٠٠، ١٥٠٠ م^٢ للعدس و ١٠٠٠، ١٣٤٠، ١٨٠٠ م^٢ للحمص ٩٠٠، ١٢١٠، ١٦٢٠ م^٢ لكل من الحلبة والترمس بالوجه البحرى ومصر الوسطى ومصر العليا على الترتيب (مرسى وتور الدين، ١٩٧٧). تتزايد كمية المقنن المائي لجميع البقوليات بالاتجاه من الوجه البحرى إلى مصر العليا لارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة الجوية النسبية أثناء نمو النباتات ويمكن ترتيب المقنن المائي للبقوليات ترتيباً تنازلياً كما يلي: القول ثم العدس ثم الحلبة والترمس ثم الحمص.

كانت البقوليات تزرع بعليا في أراضي الحياض حيث كانت لا تروى النباتات أثناء نموها. أما اليوم فتروى جميع البقوليات في أراضي الرى المستديم حيث يروى العدس والحمص رية إلى ريتين الأولى بعد ٣٠-٤٠ يوما من الزراعة والثانية عند الإزهار، ويروى القول والحلبة ٢-٣ ريات الأولى بعد ٢٥-٣٠ يوما من الزراعة والثانية عند الإزهار والثالثة عند العقد، ويروى الترمس في الأراضي الثقيلة ريتين الأولى قبل الإزهار والثانية بعد تمامه ويزداد عدد ريات الترمس بالأراضي الرملية إلى ٤-٦ ريات.

قائمة المراجع

- سرسي م. ع.، نور الدين نعمت ع.، ١٩٧٧. رى محاصيل الحقل. الناشر مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر. ٣٣٢ صفحة.

بنجر السكر

Sugar beet
Beta vulgaris, L.

ينتمي بنجر السكر إلى الفصيلة الرمرامية Chenopodiaceae التي يتبعها العديد من الأجناس (حوالي ١٠٠) والأنواع (حوالي ١٤٠٠). نباتات هذه الفصيلة أعشاب حولية أو معمرة، وقليل من الشجيرات، وسوق وأوراق هذه الفصيلة عصيرية سمكية وتشتمل على العديد من النباتات الإقتصادية والتي تتبع الجنس Beta ونوع vulgaris وتختلف النباتات التابعة لهذا النوع كثيراً في الشكل حيث تشتمل على نباتات بنجر المائدة الصفراء أو الحمراء والبنجر ذو المجموع الخضري الورقي مثل السلق السويسري chard والذي يؤكل كخضار أو يستعمل في السلطة وبنجر العلف مثل Mangels والذي يزرع كغذاء للمواشي. ويعتبر أهمها نباتات بنجر السكر ونباتات بنجر المائدة.

وتعتبر النباتات التابعة للنوع Beta vulgaris قريبة من نباتات البنجر البري المعروف باسم Beta maritima والذي يوجد في العشائر الساحلية الموجودة على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط والممتدة شمالاً على طول ساحل المحيط الأطلنطي وحتى بحر الشمال وكذلك في سهول آسيا وشرق الهند. إن الأشكال المختلفة التابعة للنوع Beta vulgaris ربما تكون أشتقت من خلال الانتخاب من Beta vulgaris أو من Beta maritima وأنسال Beta vulgaris الناشئة من الأباء البرية.

إنتاج البنجر التجاري

أدت التربية المكثفة إلى تمكن العلماء من إنتاج بنجر السكر التجاري القادر على تمثيل السكر وتخزينه، وعند توافر الظروف البيئية الملائمة والإدارة الجيدة تستمر بدورته من الإنبات السريع ونباتاته من تكوين أوراق كبيرة الحجم ذات كفاءة عالية في اصطياد الطاقة الشمسية وتكوين الجذور اللينة التي تتخلل التربة لامتصاص الماء والعناصر الغذائية وتكوين جذور كبيرة الحجم يتجمع بها السكر وتتركيزات مرتفعة (Stewart and Nielsen, 1990).

ومهما كان أصل نباتات بنجر السكر فإن هذه النباتات تعتبر من أهم النباتات القلائل التي تطورت نسبيا في الوقت الحديث حيث أنشئ أول مصنع لاستخلاص السكر من نوع من أنواع بنجر العلف في أوائل القرن التاسع عشر ١٨٠٠ ومن هذا كان الحصول على محصول بنجر السكر الذي يحتوى على أكثر من ٢٠% من وزنه الجاف من السكر في أقل من ٢٠٠ عام.

الدول المنتجة لبنجر السكر

تعتبر فرنسا من أهم الدول المنتجة لبنجر السكر في العالم حيث تبلغ المركز الأولى في جدارتها الإنتاجية بنسبة إنتاج ١٢,٥٢% من الإنتاج العالمى بمتوسط محصول يوازى ٥٥,٣٠ طن/فدان وتقع الولايات المتحدة الأمريكية في المركز الثانى عشر بجدارة إنتاجية بنسبة إنتاج تبلغ ٨,٧٦% مما يوازى ٢١,٣٨ طن/فدان. أما مصر فتقع في المركز الثالث عشر بمتوسط محصول يبلغ ٢١ طن/فدان وإنتاج سنوى ٢,٩ مليون طن سنويا (FAO, 2003) ومجلس المحاصيل السكرية (Sugar Crops Council, 2004) ويمكن القول أن متوسط المحصول في مصر يبلغ حوالى ٢٥-٣٠ طن للفدان. وتصل نسبة السكر في الأصناف المصرية إلى ١٤-١٦%، والنقاوة أكثر من ٨٠%. يقع محصول بنجر السكر في المرتبة الثانية بعد قصب السكر، فيمثل إنتاج السكر في مصر من البنجر ٣٧% على حين تمثل نسبته من القصب ٦٣% (Sugar Crops Council - بيانات منشورة عام ٢٠٠٩). وتعا لنفس المصدر فقد بلغت المساحة المنزرعة في ذلك العام من بنجر السكر ٢٤٨,٨٧١ ألف فدان بمتوسط ٢٠,٦٤٦ طن/الفدان، بينما المنتج من كل من قصب السكر وبنجر السكر عام ٢٠٠٩ بلغ ١,٦١٠ مليون طن حسب إحصائية مجلس المحاصيل السكرية لعام ٢٠٠٩. عند توافر الظروف المثلى يعطى الهكتار قدرا من محصول الجذور الغضة يبلغ ٩٠-١٠٠ طن خلال ٢٤ أسبوعا في الولايات المتحدة الأمريكية ويبلغ محصول الفدان في مصر في المتوسط حوالى ٢٥-٣٠ طن للفدان أى ما يعادل حوالى ٦٠-٧٠ طن للهكتار.

إستخدام بنجر السكر

يستعمل بنجر السكر في العديد من الإستخدامات حيث بالإضافة للسكرورز فإن مخلفات عملية إستخلاص السكرورز من المصانع تفتح البابا وهي الألياف الطرية والمتبقية بعد الإستخلاص (١٦٠-٢٤٠ كيلو من البابا و ٨-١٢ لتر من المولاس لكل طن) وتستخدم البابا في تغذية الحيوان على حين يستخدم المولاس في بعض الصناعات كاستخراج الكحول أو خامض الحلوتاميك أو في مزارع الخميرة وقد يضاف إلى اللب لتغذية الحيوانات. كما يستخدم العرش الأخضر (يمثل ٤٠% من الوزن الغص الكلى للنبات) كغذاء للحيوان إما طازجا أو في صورة سيلاج وقد يضاف كسماد أخضر للتربة.

العوامل المؤثرة على نوبنجر السكر

إن نبات بنجر السكر من النباتات ثنائية الحول التي تنمو خطريا على شكل قريب من الوردة إلى حين تتعرض إلى توافق من درجة الحرارة المنخفضة وطول الفترة الضوئية وعندئذ يستطيل الساق لإعطي الشمراخ الزهري (الخصوط) الذي يحمل الأزهار.

يتميز بنجر السكر بقدرته على الأقامة مع ظروف مناخية واسعة حيث يستطيع تحمل ملوحة التربة بعد مرحلة الإنبات وكذلك الإجهاد المائي المتوسط للتربة دون أن يؤثر ذلك على المحصول المربح.

وفي مصر فيعتبر الميعاد المناسب لزراعة بنجر السكر في موسم الشتاء بداية من منتصف شهر سبتمبر وحتى منتصف شهر نوفمبر إلا أنه قد يزرع في العروة النيلية في يوليو وأغسطس وينبغي الإعتناء بمقاومة الآفات في هذه العروة وأحيانا تنجح الزراعة في العروة الصيفية إلا أن هذه العروة تتميز بنقص المحصول ونقص نسبة السكرورز. وتشابه الظروف الجوية السائدة بعصر في الموسم الشتوي موسم الربيع بالولايات المتحدة الأمريكية. لذلك فإن زراعة البنجر بالبذور في عامه الأول تعطى محصول الجذور وعند الرغبة في الحصول على البذرة يزرع بالجذور في العام الثاني.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية فإن بنجر السكر الأكثر شيوعاً يزرع مبكراً في فصل الربيع حيث المناخ المعتدل ويزرع ويحصد جذوره مع إقتراب الشتاء وبذلك ينمو النبات كمحصول حولي غير مزهر أما في المناطق المعتدلة في فصل الشتاء مثل وادي أمباريال في كاليفورنيا وبعض أجزاء من أريزونا فتزرع الأصناف المقاومة للجمودة في فصل الخريف ويتم حصادها في الربيع أو الصيف التالي. وعند الرغبة في الزراعة من أجل إنتاج البذور فإن النباتات ينبغي أن تنمو في أجواء تتميز بالشتاء البارد الذي يكفي لدفع النباتات للإزهار على شرط عدم انخفاض درجة الحرارة للحد الذي يؤدي إلى تجميد الأرض وقتل النباتات، أو أن البديل لذلك الزراعة من أجل الحصول على الحذور في العام الأول ثم حصادها وتخزينها تحت الظروف الملائمة من الضوء والحرارة ثم يعاد زراعتها مرة أخرى في الربيع التالي للحصول على الشراخ الزهري.

نمو النبات

يمر نبات البنجر بعدة مراحل تبدأ بمرحلة الإنبات يليها مرحلة نمو البادرات إلى ظهور أول ورقة حقيقية ثم نمو المجموع الخضري الذي يطلق عليه طور النمو الخضري الأول. ويمكن تقسيمه إلى: مرحلة تكوين دليل مساحة أوراق قيمته واحد ومرحلة تكوين دليل مساحة أوراق قيمته أربعة. وفيه تزداد أعداد ومتوسطات أوزان ومساحة سطح الورقة وكذلك الجذور ويزداد النمو الخضري في أول موسم النمو ثم يقل بعد ذلك بالتدريج إلى أن يصل معدل نمو الأوراق إلى صفر وقد يكون سالباً حيث تتساقط الأوراق بمعدل يزيد عن نمو الأوراق الجديدة.

ويلى ذلك طور التخصص وفيه تستخدم المواء الكربوهيدراتية التي تُصنع بالنباتات في تخزين وبناء السكريوز بالجذور وليس هناك حد فاصل بين طور النمو الخضري وطور التخصص حيث يحدثان سوياً ثم تتم مرحلة إملاء الجذور لمرحلة ما قبل الحصاد.

ويوضح جدول (٩-١) التالي مراحل النمو وعدد الأيام التقريبية المقابلة لإتمام كل مرحلة والظروف الملائمة لكل، وذلك للبنجر المنزرع لإنتاج المجموع الجذري

للنباتات المنزرعة في الربيع بالولايات المتحدة الأمريكية والتي تم حصادها في الخريف (مشابهة لظروف العروة الشتوية بمصر).

جدول (٩-١) مراحل النمو وعدد الأيام التقريبية المقابلة لإتمام كل مرحلة والظروف الملائمة لكل، وذلك لتيسر المنزرع لإنتاج المجموع الجذري للنباتات المنزرعة في الربيع بالولايات المتحدة الأمريكية والتي تم حصادها في الخريف.

مرحلة النمو	عدد الأيام	الظروف الملائمة
الإنبات	٥-١٠	حساس للحرارة والرطوبة
البادرة إلى أول ورقة حقيقية	١٠-١٥	حساس للحرارة والرطوبة
نمو المجموع الخضري:		
حتى دليل مساحة أوراق ١	٣٠-٥٠	بنمو أيضا المجموع الخضري لكن سطي عن المجموع الخضري
حتى دليل مساحة أوراق ٤	١٥-٣٠	
إملاء الجذور	٢٠-٧٠	يقط نمو المجموع الخضري ليس أن يصل إلى صفر عند وصول الجذور لأكثر معدل نمو تقريبا
ما قبل الحصاد	٣٠	يتأثر بالإدارة المزرعية للماء والإمداد الغذائي

ويرى بعض الباحثين في أوروبا أن هذه هي المراحل التي يمر بها بنجر السكر في عام زراعته الأول وهي طور تكوين الأوراق وطور تخزين السكر بالجنود وطور النضج. وعند زراعة الجنود لإنتاج البذور فإن النباتات تمر بالمراحل التالية: طور النمو الخضري الثاني (وفيها تنمو الأوراق في العام الثاني بزراعة الجنود أو بنزحها في الأرض)، طور التهيئة للإزهار (يتم بتعرض النباتات لدرجات الحرارة المنخفضة في أي فترة من فترات حياتها عدا فترة سكون البذور وتتوقف طول هذه الفترة على الصنف ودرجة وفترة التعرض لدرجة الحرارة المنخفضة وعمر النبات)، طور الأزهار (وفيها تستطيل الشوايخ الزهرية بتعرض النباتات المتهيئة للإزهار لدرجة الحرارة المرتفعة حيث تنتقل المواد المخزنة من الجذور إلى السوق الزهرية لتكون الأزهار ثم يحدث التلقيح فالإخصاب بعدها تنتقل المواد الغذائية إلى الثمار).

إنبات البذور (ثمار)

يتم إنبات بذور (ثمار) البنجر عند توافق درجة الحرارة والعناصر الغذائية والماء المناسبة ليتم إنبات الفلقات بعد ٣-٤ أيام من الزراعة وحينئذ يتم الإمداد بالطاقة من الكربوهيدرات المخزنة بجنين البذور التي تكون كافية لدفع الفلقات لأعلى مخترقة سطح التربة بواسطة نمو السويقة الجنينية السفلى كما تتكون الجذور الأولية المتكونة حديثاً وتنشط الأوراق الفلقية بمجرد التعرض للضوء حيث تقوم باصطياد أكبر قدر من الطاقة الشمسية لإجراء عملية التمثيل الضوئي مواكبا ذلك لنمو سريع لقمة الجذر لأسفل التربة، وإذا حدث أى تلف للجذر الرئيسى في هذه المرحلة بواسطة أى عامل من العوامل مثل إندماج التربة أو/ وعن طريق مكان وضع السماد أو أى سبب آخر ستج جذور مشوهة ذات جودة رديئة (متفرعة، ملتوية).

بمجرد ظهور البادرات فوق سطح الأرض تنمو قمة الجذر بسرعة لتصل إلى ٣٠ سم أو تزيد مواكبة لاكتمال نمو الورقة الأولى (Brown and Dunham, 1986). وفي أثناء ٣٠ يوم الأولى من حياة النبات فإن النمو يخصص أساساً لنمو المجموع الخضري والجذور الليلية ويكون معدل الزيادة في مساحة الورقة والنسج أقل من مثيلاتها في المحاصيل الحولية الأخرى (Wright, 1982) وبعد حوالي ٣٠ يوماً فإن كل من المجموع الخضري والجذور الخازنة تبدأ في النمو بسرعة ليصل الوزن الغض للمجموع الخضري قمته بعد ٨-١٢ أسبوعاً على حين يستمر النمو السريع للجذور الخازنة حتى الأسبوع ٢٠-٢٤. أثناء ذلك، فإن نمو منطقة التاج (الساق) يزداد بنسبة متزايدة للجذور الخازنة وباستمرار زيادة الجذور الخازنة في الحجم يصاحب ذلك معدل ثابت للسكريز في المادة الجافة (Wyse, 1979 and Gharani, 1981) إلا أن محتوى السكريز يظل ثابتاً نسبياً على أساس الوزن الغض بالجذور.

وظيفة وضو الجذر

تعتبر بذرة بنجر السكر ثمرة تحتوي على العديد من البذور الناشئة من العديد من المبايض المخصصة للعديد من الأرهاار والمحاظة بالتخت. تتميز الثمرة وحيدة البذرة بأنها صغيرة حيث يبلغ وزن البذرة نفسها ٥ ملليجرام والجزء الداخلي للطبقات الفلينية

غير قابل للإشطار بمتوسط ٢٠ ملليجرام، من هنا كانت طاقة إنبات البذور قليلة مما يستوجب نموها في تربة ناعمة مفككة، رطوبة كافية، درجة حرارة ملائمة للإنبات (حوالي ٢٢-٢٢ درجة م°) ونظراً لأنه في بعض الحالات يصعب توفير هذه الظروف فإن البنجر يزرع ميكانيكياً بوضع البذور على عمق ٢ سم في تربة ناعمة مخدومة جيداً. هذا ويعتبر إنتاج الثمرة وحيدة البذرة عاملاً هاماً في تقدم تربية بنجر السكر.

ومن الأهمية بمكان توفير الرطوبة اللازمة للإنبات حيث تحتاج البذور لكمية مرتفعة من الرطوبة اللازمة للإنبات بالمقارنة ببقية المحاصيل، ففي درجة حرارة ٢٥ م° فإن البذور لا تنبت إذا تعرضت لإجهاد مائي يقل عن حوالي ٣,٥ بار وعند انخفاض درجة الحرارة يزداد الاحتياج المائي للإنبات حيث تقل نسبة الإنبات بدرجة كبيرة في درجة ٩ م° حتى بالنمو تحت جهد مائي حوالي ١ بار ويتأثر الإنبات بالصنف ودرجة نضج الثمار.

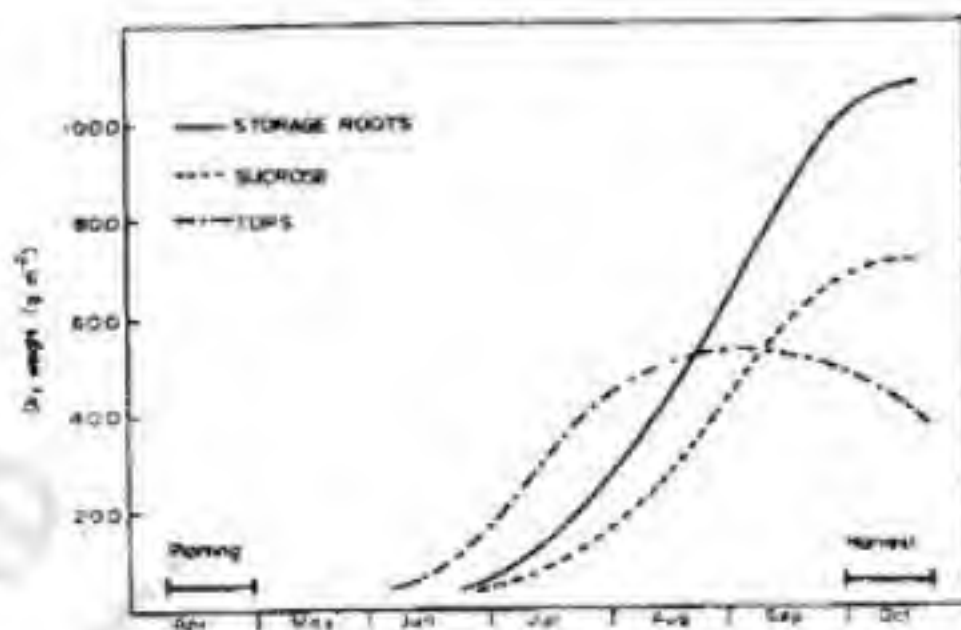
عمق وتوزيع الجذور

يعتبر بنجر السكر من المحاصيل ذات الجذور العميقة رغم أن نمو الجذور الليغية الأولى يكون بطيئاً. وفي دراسة على نمو جذور بنجر السكر والبطاطس والشعير وجد أن البنجر أمتص الماء من على أعماق أكثر ضخامة من المحاصيل الأخرى كما وجد أنه يمتص معظم احتياجاته من الماء من المنطقة أسفل ٨٠ سم وتحت الظروف الشائعة بالولايات المتحدة الأمريكية وعند ما يكون ماء التربة غير كاف لتوفير احتياجات جهد النتج والتخير فإن الجذور الليغية تستمر في التعمق في الأرض بتقدم النباتات في العمر وعلى الأخص إذا كان السطح العلوي للأرض لا يحتوى على قدر كاف من ماء الري ويبلغ متوسط عمق الجذر ١٥٠ سم، ويصل تحت ظروف الزراعة الجافة إلى ١٨٢ سم، على حين يصل عمق جذر الذرة إلى ٩١ سم تحت نفس الظروف، وتحت ظروف الكثافة النباتية العالية فإن الجذور تتخلل التربة بسرعة أكبر وتمتص مياه أكثر عن الكثافة النباتية المنخفضة. لقد أتضح من دراسة على الجذور الليغية في مزرعة من الفيرميكوبنت تم تغذيتها بمحلول مغذى أن وزن الجذور الليغية وصل إلى ١٤ جم في ١١٢ يوم من النمو وبلغ طوله الكلى ٤ كم.

نمو الجذور الخازنة

تنمو الجذور المخزنة للغذاء عن طريق انقسام واستطالة الخلايا الناشئة من خلايا الكميوم الثانوية المركزية التي تتكون في المراحل المبكرة من نمو النبات ويمكن رؤية حلقتي الكميوم الثانوي الأوليتين حوالي الأسبوع الثالث وفي الأسبوع السادس يمكن رؤية حلقات الكميوم الثانوي السادسة ويتكون المزيد من حلقات الكميوم ببطء حيث تتكون واحدة كل شهر ليصل العدد إلى ١٢ حلقة أو أكثر وتتزامن كبر حجم خلايا الكميوم الناتجة إلا أن الخلاف في المعدل يعتمد على موقع الحلقات، وكان المعتقد أن عملية تجميع السكروز تحدث حينما يزداد المعدل منه عن حاجة المجموع الخضري والجذور الليلية إلا أن بعض التجارب أوضحت أن التحكم يكون ميكانيكياً والمحمّل أن الهرمونات هي التي تنظم توزيع ناتجات عملية التمثيل الضوئي على المجموع الخضري والجذور الليلية والجذور الخازنة وتخزين السكروز.

ويمكن القول أن الصنف وبعض العوامل الخارجية وعلى الأخص درجة الحرارة والكثافة النباتية والنيتروجين تؤثر على ميكانيكية التحكم في توزيع أو تجزئة ناتجات عملية التمثيل الضوئي. ونحت الظروف العقلية المثالية فإن كل من محتوي الجذور من المادة الجافة والسكروز مصوب كنسبة من المادة الجافة تزداد باستمرار تقدم النبات في موسم النمو ويمكن تمثيل ذلك بمنحنى على شكل حرف S حيث يبدأ ببطء في أول الموسم ثم يزداد بالتقدم في العمر ليصل أقصاه في منتصف الموسم حيث يصل المجموع الخضري لحجم كاف لاكتمال إعتراض الأشعة الضوئية ومن ثم يزداد معدل عملية التمثيل الضوئي بدرجة كبيرة وفي نهاية موسم النمو يحدث نقص في شدة الإضاءة ودرجة الحرارة وعلى الأخص أثناء الليل مما يؤدي بالتبعية إلى نقص معدل النمو ومع ذلك يستمر تخزين السكروز والمادة الجافة وتجمعها التدريجي حتى الحصاد (شكل ٩-١).



شكل (٩-١) منحنى تراكُم المادة الجافة للمجموع الخضري (أصناف+أعناق) والجذور الخازنة والسكروز في الزراعة الربيعية لبُنجر السكر بثولابات المتحدة الأمريكية

العوامل التي تؤثر على محتوى الجذور من السكروز

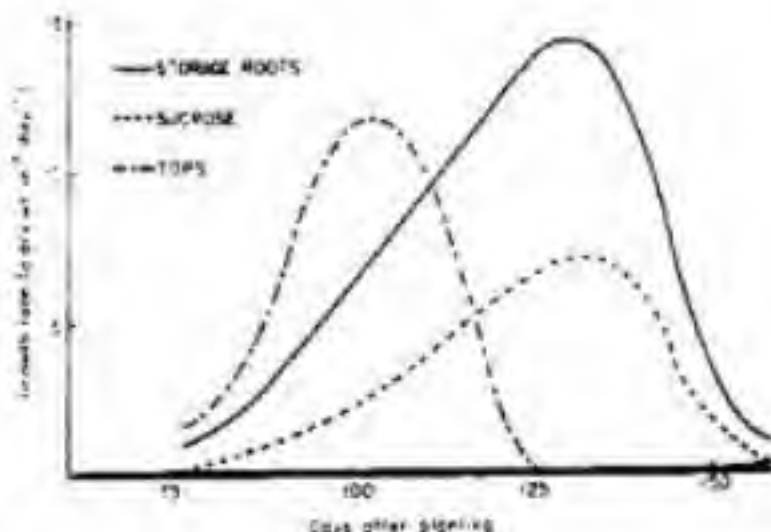
هناك العديد من العوامل التي تؤثر في محتوى الجذور من السكروز ومنها:

- ١- الصنف: يوجد خلاف في التركيب الوراثي للأصناف حيث وجدت علاقة عكسية بين كمية محصول الوزن الغض للجذور وتركيز السكروز. ولقد ذكر محمود وآخرون (Mahmoud, et al 2008) زيادة قيم السكروز ونسبة النقاوة في الصنف Kawemira بزراعته في ١٥ سبتمبر مع حصاده بعد ٢١٠ يوم من الزراعة مقارنة بالصنف Pamela الذي أعطى أعلى قيم لمحصول الجذور بينما أمكن للحصول على أعلى محصول للسكر تحت نفس الظروف من الصنف Kawemira.
- ٢- الظروف البيئية: تلعب الظروف البيئية دوراً مهماً للغاية في التحكم في تركيز السكروز بالجذور حيث وجد أن تعرض النباتات إلى درجة الحرارة المنخفضة وعلى الأخص درجة حرارة الليل في فترة ٤-٨ أسابيع ما قبل الحصاد مع توافر الظروف الجيدة الأخرى أدى إلى زيادة تركيز السكروز بالجذور على شرط أن يكون تلك مصاحباً لنقص في إضافة النيتروجين. وعند تعرض النباتات لفترات

من درجة الحرارة المرتفعة وليالي دافئة يؤدي ذلك إلى نقص محتوى الجذور من السكرورز. عند تعرض النباتات لفترة طويلة من درجة الحرارة المنخفضة يعقبها درجة حرارة دافئة ونهار طويل فإن ذلك يشجع نمو الشمراخ الزهري ويؤدي ذلك إلى تقليل تركيز السكرورز. الإصابات المرضية والحشرية والزيادة في إضافة النيتروجين أثناء فترات النمو تؤدي إلى نقص السكرورز. عند رى النباتات بعد تعرضها للإجهاد الرطوبي قد يؤدي ذلك إلى نقص تركيز السكرورز لزيادة النمو الخضري نتيجة للرى. وتعتبر زراعة بنجر السكر في مصر في العروة الشتوية ابتداء من شهر سبتمبر حتى منتصف نوفمبر من أفضل المواعيد حيث تعطى أعلى محصول كما تقل أصابة بالحشرات.

نمو المجموع الخضري

تتحكم مساحة الورقة وفترة بقائها وكفاءتها في عملية التمثيل الضوئي وشكلها في تحديد كمية الطاقة الضوئية التي تتحول بواسطة النبات إلى مادة جافة ونظراً لأن حجم وشكل ومعدل ظهور الورقة يتم التحكم فيه وراثياً إلا أن المتغيرات التي تحدث أثناء موسم النمو تؤثر كموامل خارجية، فتحت الظروف المثلى التي تتضمن درجة الحرارة التي تبلغ حوالي ٢٤ م° مع توافر الماء والنيتروجين فإن حوالي ٤-٦ أوراق تظهر كل أسبوع. يلاحظ أن حجم الأوراق المتعاقبة يزداد بالتقدم في العمر حتى النضج وحتى الورقة العشرون أو الخامسة والعشرون ثم تصبح الأوراق تدريجياً صغيرة بعد ذلك وسميكة. وعادة تحتاج الأوراق لـ نصف الموسم لتصل إلى ثلث مساحة أوراق مقداره ١ ثم تبدأ في الزيادة بسرعة فائقة ليحدث أقصى معدل لنمو المجموع الخضري بعدها يبدأ معدل النمو في التناقص ليصبح في النهاية مساوياً صفر أو بالمقابل لموت الأوراق بمعدل أكبر من تكوينها. ويصل معدل نمو الجذور إلى أقصاه باقتراب المجموع الخضري للصفر. ويوضح شكل (٩-٢) معدل نمو المجموع الخضري والحترى وتراكم السكرورز.



شكل (٩-٢) منحنى معدلات نمو المجموع الخضري (أنصال+أعلى) والجذور الخازنة والسكريز

ومن الملاحظ أن المادة العضوية التي تتكون في المجموع الخضري والجذر المتضخم ومحتوياتهما تنتج في أقل من نصف موسم النمو ويتضح في المنحنى شكل (٩-٢) أن مساحة الأوراق في شهرى مايو ويونيو (بالولايات المتحدة الأمريكية) غير كافية لإعراض الأشعة الضوئية لذلك من الواضح أن أى معاملة تؤدي إلى زيادة سرعة النمو في أول الموسم تؤدي إلى زيادة محصول الجذور والسكر النهائي. ونظرا لطبيعة تراحم الأوراق على نبات البنجر مما يؤدي إلى تظليلها لبعضها البعض فمن المنطقي أن يكون هناك دليل مساحة أوراق أمثل لكل صنف من الأصناف وتحت كل ظرف بنى حيث وجد أن أقصى محصول للسكريز أمكن الحصول عليه حينما كان أقصى دليل مساحة للأوراق حوالى ٤. وعندما أدت المعاملات لزيادة دليل مساحة الأوراق عن ذلك إزداد الوزن الجاف الكلى للنبات بدون زيادة في محصول الجذور أو السكريز وفي بعض الأحيان يحدث نقص، وعلى سبيل المثال فإن العدد الكلى للأوراق الناتجة أثناء موسم النمو تكون حساسة للتغذية بالنيتروجين حيث يلزم توفير القدر الكافى منه لإحتياجات النمو السريع إلا أن إستمرار إضافته حتى نهاية موسم النمو تعمل على إستمرار ظهور الأوراق بمعدل مرتفع مما يؤدي في النهاية إلى زيادة وزن المجموع الخضري بالنسبة للمجموع الجذري ووزن السكريز وبذلك يقل محصول السكريز.

إن صافي معدل عملية التمثيل الضوئي الناتج من وحدة المساحة في وحدة الزمن لينجر السكر عادة ما تصل إلى أقصاها قبل بلوغ دليل مساحة الورقة القيمة ١ لذلك فعلى الرغم من أن أوراق نبات بنجر السكر تنمو ببطء في أول الموسم البارد إلا أن هذه الأوراق تكون على كفاءة مرتفعة في عملية التمثيل الضوئي. وبالرغم من أن معدل التمثيل الضوئي ينقص تدريجياً من أول الموسم الذي يتميز بالحصول على أعلى معدل لنمو المحصول الكلي فإن تزامن زيادة مساحة الأوراق أكبر من أن يعوض النقص في معدل التمثيل الضوئي في منتصف الموسم وقد قام Watson and Wits (1959) بمقارنة بنجر السكر *Beta vulgaris* مع النوع البري *Beta maritima* ووجد أن النوعين يتماثلان في معدل التمثيل الضوئي قبل وصول دليل مساحة الأوراق إلى القيمة ١ ولكن النوع المستأنس يحافظ على معدل مرتفع من التمثيل الضوئي وكذلك توزيع مختلف للنواتج لعملية التمثيل الضوئي والوصول إلى دليل مساحة أوراق أعلى بعدد قليل من الأوراق الكبيرة.

العلاقات المائية

أولاً: النمو المجموع الخضري: لقد وجد تأثير قوى للتفاعل بين الإمداد المائي والعناصر الغذائية الصالحة للاستفادة وعلى الأخص النيتروجين ودرجة الحرارة على نمو المجموع الخضري، حيث وجد أن معدل ظهور الورقة يتأثر كثيراً بمستوى النيتروجين ودرجة الحرارة على حين أن التعرض للإجهاد المائي الخفيف ذو تأثير قليل إلا أن استمرار الجفاف يقلص بالطبع أعداد الأوراق علماً بأن الحجم النهائي للورقة حساس للحرارة ويتحدد بصلاحية الماء للاستفادة. ولقد أوضحت الأهمية العظمى لنمو اتصال الأوراق الصغيرة التي ترجع لتمدد الخلايا حيث أن حجم النصل مهم جداً في مراحل النمو المبكرة حينما تكون الحاجة ماسة لكبر مسطح عملية التمثيل الضوئي. إن تمدد الخلايا غالباً ما يكون أحد عمليات النمو الهامة والتي تكون حساسة للإجهاد المائي. ومن الواضح أن نمو الجذور في المراحل المبكرة يكون قليل مما يلزم توافر جهد مائي مرتفع في منطقة الطبقة السطحية من الأرض لإكمال نمو أوراق الموسم المبكر في بنجر السكر لاستمرار هذا التأثير في مراحل النضج المتأخرة، حيث وجد عند نمو نباتات

البنجر تحت ظروف متماثلة لمدة ٨ أسابيع فإن تعرض بعض المعاملات إلى إجهاد رطوبي مقدارة -٠.٢ بار أدى إلى زيادة مساحة الورقة مقارنة بالنباتات النامية تحت إجهاد رطوبي مقدارة -٢ بار. إن النقص في حجم الورقة ربما ينشأ من نقص تمدد الخلايا وليس نقص إنقساماتها وذلك تحت ظروف الإجهاد المعتدل للرطوبة أو الأسموزية. يعتمد شفاء النقص الحادث في معدل التمثيل الضوئي نتيجة للإجهاد الرطوبي على مدته وشدة. وعند إستعادة النباتات لمعدل التمثيل الضوئي الأصلي يكون هناك فترة يتم فيها النشاط التعويضي الذي يتميز بارتفاع معدل التمثيل الضوئي ومعدل النمو النسبي للورقة بالنباتات التي حدث بها للشفاء عن النباتات المروية جيدا. تعتبر نباتات البنجر الناضجة مقاومة للجفاف نسبيا لتعمق المجموع الجذري والذي يمكن النبات من إستخدام الحيز الكبير للتربة التي يتواجد به الماء.

ثانيا: الكثافة النباتية: تندر الكثافة النباتية المثلى لنباتات بنجر السكر بناء على المحصول الأعظم من السكر و ليس المحصول الكلي للنبات، ويمكن القول أن الكثافة المثلى لمحصول البنجر تكون بزراعة النباتات على مسافة ٠.٣ م من جميع الجهات إلا أن طريقة الري واحتياجات الزراعة الميكانيكية تؤثر على هذه الكثافة من الناحية العملية. ففي مصر تزرع النباتات على ١٤ خط /قصبين (٥٠ سم بين الخط والأخر) ومسافة ٢٠ سم بين النبات والأخر ليصبح عدد النباتات ٤٠ ألف نبات في الفدان. وفي الولايات المتحدة الأمريكية تزرع النباتات على سطور تبعد عن بعضها ٥٠-٨٠ سم بكثافة نباتية تبلغ ٥٠-٨٠ ألف نبات /هكتار (حوالي ٢١-٣٤ ألف نبات في الفدان).

إن تأثير الكثافة النباتية على إستخدام الماء الكلي يكون قليل حيث تستخدم النباتات المنزرعة تحت كثافات مرتفعة ماء أكثر قليلا خلال الموسم وربما يكون ذلك لارتفاع عملية النتح بخر الناشئ من المساحة الكبيرة في أول الموسم وعلى سبيل المثال ففي دراسة أجريت في بريطانيا حيث ينمو بنجر السكر بنجاح دون ري فقد قدر معدل النتح بخر لمعدلين من الكثافة ووجد أنه ٧٦٦، ٨٤١ مم/هكتار عند الزراعة بكثافة نباتية تبلغ ٢٢، ١٣٤ ألف نبات على الترتيب.

ثالثاً: التمثيل الضوئي: وجد أن عدد الثغور في المليمتر المربع من السطح العلوي لورقة بنجر السكر البالغة يصل إلى ٨٧-١٥٣ على حين يزداد بمقدار ١٥-٢٠% على السطح السفلي. توجد علاقة طردية بين عملية التمثيل الضوئي والتوصيل الثغري ورغماً عن أن التوصيل الثغري له علاقة مباشرة بالجهد المائي للورقة إلا أنه يتأثر بالعديد من العوامل التي تتضمن محتوى التربة من الماء والرطوبة الجوية وعوامل المقاومة الداخلية وعمر النبات والورقة ومستوى الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة النهار والمجموع الخضري. ولكون هذه العوامل تختلف يومياً فإن تأثيرها على التوصيل الثغري يختلف من ساعة إلى أخرى ومن يوم إلى آخر ويزداد التأثير المتجمع لها على الجهد المائي للورقة في فتح الثغور. وعلى سبيل المثال فإن التوصيل الثغري يكون مرتبط بشدة بمحتوى الأرض من الرطوبة والرطوبة الجوية النسبية ومعدل التمثيل الضوئي على حين لا يكون الوضع كذلك في حالة الجهد المائي للورقة وذلك لكل من نباتات البنجر الصغيرة والناضجة وفي هذه الحالة فإن الذي يتحكم في فتح الثغور ظاهرياً عوامل أخرى خلاف الجهد المائي الخلوية. وبالرغم من مساهمة العوامل الأخرى فإن التوصيل الثغري وبالتالي عملية التمثيل الضوئي لها علاقة من الناحية الأساسية بالجهد المائي للورقة والتي بدورها تعتمد اعتماداً كبيراً على الجهد المائي للتربة. ففي جدول (٩-٢) التالي يتضح أنه بالرغم من أن الجهد المائي للورقة ومعدل التمثيل الضوئي ينقص أثناء اليوم لكل من مستوى الرطوبة الأرضية (٢-٠، ٢-٠) إلا أن النقص يكون بكمية أقل في النباتات النامية بالأرض التي تحتوي على كمية أكبر من الرطوبة.

جدول (٩-٢): الجهد المائي للورقة ومعدل التمثيل الضوئي لأوراق ناضجة من بنجر السكر نامية تحت مستويين من الرطوبة الأرضية

معدل عملية التمثيل الضوئي مجم ك. أ. ديسيمتر مربع /ساعة		الجهد المائي للورقة (بار)		متوسط الجهد المائي للأرض (بار)
بعد الظهر	قبل الظهر	بعد الظهر	قبل الظهر	
٨,٩	١٠,٠	١٢,٢ -	١١,٢ -	٠,٢ -
٦,٧	٩,٧	١٨,٢ -	١٣,٢ -	٢,٠ -

وتكون المحصلة النهائية زيادة كمية محصول الجذور الجافة بمقدار ٨% والسكريز بحوالى ١٠% للنباتات النامية فى الأرض التى تحتوى على رطوبة مرتفعة عن النباتات النامية فى أرض تحتوى على رطوبة أقل. وثبتت من الدراسات العملية أن محتوى الماء الأرضى مهم لبقاء معدل التمثيل الضوئى مرتفعاً.

إن كفاءة عملية التمثيل الضوئى تكون قليلة فى أول الموسم لصغر حجم المجموع الخضرى للدرجة التى لا تمكنه من الإعتراض الجيد للأشعة الضوئية الساقطة فى الوقت الذى يفقد فيه كمية أكبر من المياه بالتبخير من أسطح الأرض غير المغطاة بالنباتات وحتى منتصف الموسم وبعد وصول دليل مساحة الأوراق إلى ١ أو ٢ فإن كفاءة إستعمال الماء تتراوح ما بين ١٧١ إلى ٣٦٥ جم من الماء لكل جرام من المادة الجافة المتراكمة فى الأيام الملبدة بالغيوم والأيام ذات السماء الصافية على الترتيب.

يعتمد شفاء النقص الحادث فى معدل التمثيل الضوئى نتيجة للإجهاد الرطوبى على مدته وشده. وعند إستعادة النباتات لمعدل التمثيل الضوئى الأصلى يكون هناك فترة يتم فيها النشاط التعويضى الذى يتميز بارتفاع معدل التمثيل الضوئى ومعدل النمو النسبى للورقة بالنباتات التى حدث بها الشفاء عن النباتات المروية جيداً.

رابعاً: الإجهاد المائى والنتح: ينتمى بنجر السكر لأنواع النباتية المعروفة باسم أنيسوهيدريك anisohydric وهى التى يتحدد النتح بها بنقص الماء الصالح للإستفادة مما يودى لنقص الجهد المائى للورقة بخلاف أنواع آيسوهيدريك isohydric التى تحافظ على جهد الورقة المائى حتى بنقص الجهد المائى للأرض كما هو الحال فى الذرة الشامية. إن أكثر عامل يؤثر على توصيل الثغور فى بنجر السكر هو الجهد المائى للورقة الذى بدوره يقدر بالتفاعل بين الجهد المائى للترربة إحتياجات النتح والتبخير ونادراً ما يزداد الجهد المائى لورقة بنجر السكر عن -٥ بار، وعندئذ تكون الثغور فى كامل إتفاحتها، ويكون التوصيل الثغرى اس/ث، ويتم غلق الثغر تماماً حينما ينخفض الجهد المائى للورقة من -١٣ إلى

١٨- بار معتمداً في ذلك على عمر الورقة ونضج الأوراق البالغة عندما ينخفض الجهد المائي من حوالي - ١٢ إلى - ١٤ بار. وعندما يرتفع التبخير يقل الجهد المائي للورقة فإن الثغور تغلق كلها أو جزئياً حتى مع توافر الرطوبة بالتربة مما يدعو للقول بأن هناك مقاومة لسريان الماء من التربة إلى سطح التبخير بالورقة، ولقد ذكر بعض العلماء أن ذلك يكون أكبر في النباتات البالغة عن النباتات الأصغر عمراً. وعند تعرض النباتات لمرات متكررة من الذبول فقد يؤثر ذلك على عملية التمثيل الضوئي الذي بدوره يؤثر على كمية المحصول. ولقد لاحظ بعض العلماء فتح الثغور مع حدوث تغيرات بسيطة في الجهد المائي للورقة عند زيادة محتوى الهواء من الرطوبة لذلك فقد اقترح إضافة الماء في صورة ضباب وقت الظهيرة لرفع الجهد المائي للورقة ومعدل عملية التمثيل الضوئي، حيث تعاني النباتات من نقص الماء حينما لا يعوض فقد المجموع الخضري الإمداد المائي. وقد يحدث ذلك وقت الظهيرة حينما يكون إحتياج التبخير مرتفعاً، ويتم الشفاء سريعاً بمجرد نقص هذا الإحتياج لنقص فترة التعرض لقلة الماء ولا يكون لذلك تأثير يذكر على كمية المحصول النهائي، إلا أن طول هذه الفترة يؤدي إلى تضائل كفاءة عملية التمثيل الضوئي وإسراع موت الأوراق مما يؤثر معنوياً على المحصول. وتتأثر وظائف النبات بتعرضه للجفاف كلما نقص الجهد المائي للأرض حيث ينقص تمدد الأوراق بشدة عند التعرض أثناء مرحلة النمو العظمي للمجموع الخضري مما يعمل على نقص مساحة الأوراق وبالتالي نقص حجم الكساء الأخضر الذي يتعرض الأشعة الضوئية ومن هنا يتأثر المحصول النهائي معنوياً.

تؤثر الرطوبة الأرضية على كمية محصول جذور وسكروز بنجر السكر وفي المناطق شبه الجافة والتي تعتمد على الري يكون من غير المرغوب إستخدام كميات كبيرة من مياه الري لمعظمة العائد الإقتصادي حيث يؤدي نقص الري إلى تقليل عملية غسل النترات إلى الماء الأرضي وبالتالي نقص المجموع الخضري. وقد أقيمت تجربة لدراسة أثر الإجهاد الرطوبي على البنجر بدافز بكاليفورنيا (Pruitt et al, 1987) وذلك برى النباتات بمعدل ١٠٨٠ مم (٤٠% زيادة عن جهد النتح والتبخير مقاساً بواسطة وعاء البخار ومعامل المحصول) لموسم نمو يمتد من

٥ مايو إلى ١٤ أكتوبر وبذلك تكون هذه المعاملة لا تعاني من الإجهاد على حين رويت المعاملات الأخرى آخر رية في ٢١ يوليو (٧٧ يوم من الزراعة) بمعدل ٥٧٩ مم بالإضافة لمقدار ٥ مم من تساقط الأمطار وبذلك تكون المعاملة قد تعرضت للإجهاد المائي حيث تم قياس إجهاد النباتات بواسطة جهاز النيترون لعمق ٢,٧٤ متر. إتضح من النتائج أن الإجهاد المائي أدى إلى نقص حاد في المجموع الخضري ومحصول الجذور (شكل ٩-٢) مع استمرار تخزين السكر في الجذور ولكن بمعدل أبطأ بزيادة التعرض للإجهاد المائي وكذلك المادة الجافة خلاف المواد السكرية مقارنة بالمعاملة التي لم تتعرض للإجهاد. إن التركيز المرتفع للسكر في الجذور النباتات التي تعرضت للإجهاد يرجع إلى بطء تجمع الماء بالنسبة للسكر ومكونات المواد الجافة الأخرى (Loomis and Haddock, 1967). وفي تجربة بوشنطون ذكر (Miller, Aarstad 1976) أن رى المحصول بالرش بمعدل ٦٨% من النتح والبخر أدى إلى نقص بلغ ١٢% في محصول الجذور والذي تم تعويضه بزيادة مقدارها ٢% في تركيز السكر وبالتالي حدث نقص قليل في قيمة المحصول. ولقد ذكر (Ehlig and LeMert 1979) بأن معاملة النباتات بكمية تتراوح ما بين ٩٠٠-١١٩٥ مم لم يكن له تأثيراً إحصائياً معنوياً على محتوى ومحصول السكر. وذكر كل من (Hang and Miller 1986a and b) إمكانية خفض كميات الري اليومي بالرش عند وصول الماء القابل للاستفادة بأرض صفراء لنسبة ٤٠-٥٠% في الأراضي الرملية دون حدوث نقص للمجموع الخضري ولا الجذور ولا السكر مما يدل على تحمل بنجر السكر للإجهاد المائي المتوسط دون حدوث نقص كبير في المحصول.

ويمكن القول أن المحصول المرتفع له علاقة وثيقة بمعدل النتح بخر (Ghariani, 1981 and Winter, 1988). حيث تم دراسة فترة المحصول على تحمل الإجهاد المائي بدون نقص في محصول السكر حيث أمكن دراستها من بعض الدراسات التي أجريت عند التعرض للإجهاد في منتصف الموسم فوجد أن إيقاف الري لمدة أسبوعين ينقص معدل النتح والتبخير بمقدار ٥٩ مم وعندئذ ينقص الماء القابل للاستفادة من ال ٠,٩ م السطحية بحوالي ٥٦%. ولمنع النقص في محصول السكر ينبغي أن يصل معدل النتح والتبخير إلى ٦ مم في اليوم. كما

لا ينبغي أن يتعرض النبات لنقص في الرطوبة يصل إلى ٦٠ مم من معدل النتح والتخير حتى لا يزيد نقص الماء القابل للاستفادة عن ٦٠% لنفس العمق. ويمكن للنباتات امتصاص الماء من التربة بتقدم النباتات في العمر كما يستخفص معدل البخر نتح لانخفاض درجة الحرارة وتعرض النباتات لنقص الرطوبة عند إطالة فترات الري فإن ذلك لا يؤدي إلى نقص المحصول.

ونظراً لأن سعر البلجر يتحدد بكمية سكروز محصول الجذور الغضة لذلك فإن عدم ري المحصول قبل الحصاد ينبغي أن يتم بحرص أخذين في الاعتبار احتمال تعرض النباتات للإجهاد مما قد يؤثر على وزن محصول الجذور الغض. لذلك فإن تعرض النباتات للإجهاد المائي المحدود يؤدي إلى زيادة في تركيز السكروز على ألا يؤثر ذلك على محصوله النهائي. ومن هنا كانت الفترة بين آخر رية وميعاد الحصاد هامة للغاية وعادة تتوقف على العديد من العوامل التي من أهمها المناخ السائد في هذا الوقت، نوع التربة، عمق التربة، إنتشار الجذور، مستوى الماء الأرضي ومحتوى الأرض من النيتروجين.

وحيث أن محصول البلجر من المحاصيل الشتوية لذلك فإن احتياجاته المائية تقل كثيراً عن الاحتياجات المائية لمحصول قصب السكر بالإضافة إلى أنه يتحمل الملوحة في مراحل ما بعد الإنبات والإشتاق، ومن هنا يمكن زراعته بنجاح في مساحات الأرض المستصلحة حديثاً بمناطق شمال الدلتا ويمكن تحسين إنتاجيته عن طريق العمليات الزراعية الميكانيكية، الري، الكثافة النباتية والتي تحسن من الصفات الطبيعية للتربة (Khalifa et al ٢٠٠٠) ولقد ذكر El-agharaby et al (٢٠٠٨) أن تسوية أرض بنجر السكر بالليزر مع الحرث العميق والزراعة ب ٢٠ ألف نبات بالفدان مع الري كل ٨ أسابيع أعطت زيادة معنوية في طول ومحيط الجذر وكذلك معدل نمو المحصول والنمو النسبي للنبات.

تشير جودة الجذور إلى محتوى السكروز على أساس الوزن الغض. ولكن عادة ما يعبر عنها بالنقاوة والتي تدل على النسبة المئوية لسكروز عصير الجذور كنسبة مئوية من المواد الصلبة الذائبة الكلية بالعصير. والنقاوة مهمة للغاية في عملية إستخلاص السكروز وتكريره كتعبير عن الجودة مقارنة لمحتوى السكروز وذلك لأن المواد الصلبة الذائبة الكلية الأخرى وعلى الأخص المركبات

النيتروجينية الذائبة تؤدي إلى صعوبة في عملية تكرير السكر. إن التعرض للإجهاد أو بتعبير آخر نقص كمية مياه الري تؤثر على محتوى السكر وفي نفس الوقت من الصعب فصل ذلك عن تأثيرها على محتوى النيتروجين. وقد يتحسن محتوى السكر ويقل المحصول بزيادة الري حيث يتسبب ذلك في غسل النيتروجين من التربة في المراحل المبكرة من حياة النبات. إن النقاوة ليست تتحسن بالضرورة بالتعرض للإجهاد رغمًا لاحتمال زيادة تركيز السكر بالجزور الفضة نتيجة لجفاف الجذور (Carter, 1982 and Carter et al, 1980). أوضح Winter (1988) أن نقص الري في فصل الصيف أدى إلى نقص محصول الجذور ومحتوى الصوديوم وزيادة البوتاسيوم ونيتروجين الأحماض الأمينية وقد السكر في صورة مولات. ولا تظهر زيادة في السكر بالتعرض للإجهاد عند حسابه على أساس الوزن الجاف (Carter, 1982).

خامسا: الملوحة: عاثت ولا زالت الأصول البرية لبندر السكر موجوده بقوة على شواطئ البحار حول البحر الأبيض المتوسط والسواحل الشرقية لشمال المحيط الأطلسي، ولقد حافظت على الصفات الضرورية الموائمة للبيئة المالحة مما جعل هذا المحصول يتعايش مع هذه الظروف مقارنة بغيره من المحاصيل (Hanson and Wyse, 1982)، ومن بين أنواع المحاصيل فإن القطن والشعير أكثر من بنجر السكر تحملا للملوحة (Maas, 1990 and Allen et al, 1998).

ويتميز بنجر السكر باليتين لتحمل الملوحة الأولى تتضمن عزل كاتيون الصوديوم في الفجوة العصارية حيث تؤدي التركيزات المرتفعة من هذا الكاتيون إلى سمية النبات والثانية هي القدرة على ضبط الأسموزية (Katerji et al, 1997). ولقد وجد (Milford et al (1977) and Durrant et al (1978) أن المستوى المنخفض من الصوديوم يعمل على زيادة المحصول من خلال تحسين حالة النبات، ومن الشائع إضافته كسماد في بعض المناطق. وقد يحل الصوديوم محل البوتاسيوم بالنبات إلى حد ما (Marschner et al, 1981) رغمًا عن أنه ظاهريًا ليس له دور في انتقال السكريات (Badrroui and Agbani, 2002). وبالرغم من تعرض النباتات القائمة بالحقل لمستوى معين من الملوحة فإن الأرض والمياه الملحية لا تؤدي إلى انخفاض المحصول.

إن البادرات الصغيرة تكون حساسة للملوحة لذلك لا ينبغي أن يزداد التوصيل الكهربى فى هذه المرحلة عن ٣ ديسيمنز للمتر (Durand, 1983). إن استخدام مياه مالحة فى الري يودى إلى تأثيرات سلبية على المحصول والجودة التكنولوجية لبنجر السكر وعلى الأخص فى حالة الإمتصاص الكبير للصوديوم (Cheggour and Fares, 2002)، إلا أنه من الممكن التحكم فى هذا التأثير السلبى بإضافة سماد متوازن من نسبة من نيتروجين /بوتاسيوم بين ٠.٥-١.

إن بنجر السكر يكون مقاوما أيضا لتبادل الصوديوم ويبدأ فى ظهور أعراض سميته عندما تصبح نسبة الصوديوم المتبادل فى المدى من ٤٠-٦٠ وهذا يعادل تأثير ماء مالح ١١,١ ديسيمنز للمتر.

تعمل إضافة الكمبوست على تحسين النمو والتطور لبنجر السكر (Aylaj and Lhadi, 2002). وعند إرتفاع تركيز الأملاح يؤثر نظام الري بالتنقيط بتركيز أعلى من ١ ديسيمنز للمتر إلى تراكم الأملاح بالمنقطات وإعاقة عملية الري.

تختلف أصناف بنجر السكر فى تحملها للملوحة (Ghoulam et al, 2002) وهذا حافزا مهما لمربي المحاصيل لإيجاد أصناف تتجح زراعتها بالمساحات التى تعاني من مشاكل الملوحة.

إن بادرات بنجر السكر حساسة لدرجة الحرارة المنخفضة ونقص الرطوبة إلى أن تصل إلى مرحلة ظهور ورقتين، ولبدء عملية الإنبات يلزم درجة حرارة تتراوح بين ٣-٤٨ م° والتي بعدها تكون درجة الحرارة مميئة. وتوجد علاقة مهمة بين درجة حرارة الأرض ورطوبة عملية الإنبات (Akenson and Henson, 1980)، فعندما يكون الجهد المائى للأرض مساويا ٠,٧ ميجابيسكال يمنع الإنبات وعند وصوله إلى ٠,٥ ميجابيسكال تصل نسبة الإنبات إلى ٧١% فى درجة حرارة ٢٦ م° وعند ٠,١ يصل الإنبات إلى ٤٥% فى درجة ٩ م°.

لقد ذكر Hunter and Erickson (1952) أن أقل جهد مائى للأرض الذى يحتاجه بنجر السكر للإنبات يكون أكبر (٠,٣٥) من القمح (١,٢) والأرز (٠,٧٩) وفول الصويا (٠,٦٥) محسوبة بميجا بسكال. لذلك فإن الري قبل الزراعة مهم فى المناطق الجافة ونصف الجافة، ويوائم هذه المرحلة من النمو الري بالخطوط والري المحورى.

إدارة عملية الري في حقل بنجر السكر

يتوقف عدد مرات الري وكميته على كمية الماء القابل للاستفادة التي تحتفظ به الأرض بمنطقة الجذر الفعال، معدل النتح بخر، نقص الماء القابل للاستفادة المسموح به وكفاءة الري (نسبة الماء المضاف المخزن بمنطقة الجذور بعد حوالي ١٠ أسابيع من الزراعة). إن توافر الظروف الجوية الملائمة يعمل على نمو المجموع الجذري الجيد الذي يمكن النبات من استخدام الماء القابل للاستفادة من الثلاث أقدام السطحية من التربة. وعند توافر الصرف الجيد ينمو الجذر إلى عمق ١,٨ م أو أكثر إلا أن معظم الماء الممتص يتم من الثلاث أقدام العليا من سطح التربة. ويؤثر على تخطل الجذور للتربة إرتفاع منسوب الماء الأرضي، وجود الطبقة الصماء، جفاف أسفل سطح التربة أو غير ذلك من العوامل الأخرى.

إن ري محصول بنجر السكر مهم في المراحل الأولى من عمر النبات لتوفير الماء اللازم لإنبات النقاوى إلا أنه في بعض المناطق فإن الري المبكر قد يؤدي إلى غسل الفترات وزيادة إصابة البادرات بالأمراض وينصح في هذه الحالة بالري الخفيف المتكرر أثناء النمو وفي مراحل منتصف العمر فإن النبات يمتص الماء من الثلاث أقدام العليا للأرض لذلك يلزم الري الغزير لتوفير احتياجات النبات من الماء. كما يلزم أن يتعرض النبات لإجهاد متوسط قبل عملية الحصاد مباشرة للعمل على زيادة نسبة السكرور دون التأثير على كميته بالفقدان وقد يوقف الري قبل الحصاد بفترة تتراوح ما بين ٢-٥ أسابيع (Saied, 2000).

يلبغى ري النباتات حتى السعة الحقلية عند الزراعة أو بعد ذلك مباشرة حتى يمكن إمداد التربة بالماء اللازم لنمو الجذور. يكون الجو مثالا للهدف عند بداية الزراعة مما يجعل النبات في حاجة إلى إضافة ٣-٤ ريات خفيفة أثناء ال ١٠ أسابيع الأولى لإستكمال تعمق الجذور في التربة ثم يأتي بعد ذلك الري الغزير في منتصف الموسم والذي يواكب إكتمال النمو الخضري وفيه يصل معدل النتح لأقصاه عندئذ يلبغى أن توفر كل رية القدر الكافي من الماء لتعويض المستنفذ بواسطة النبات والفقد بين الريات في نظام الري. من هنا تصبح فترات الري قصيرة تصل إلى ٥ أيام عندما يكون البخر نتح مرتفع وأرض ذات قدرة منخفضة على الاحتفاظ بالماء لتصل إلى ٢١

يوم عند بحر نتج منخفض وتربة ثقيلة، ويمكن حساب الفترة بين الريّة والأخرى بواسطة كمية الماء التي تحتفظ بها الأرض من الماء القابل للاستفادة عند عمق ٣ أقدام من سطح الأرض والنسبة المئوية لنقص الماء القابل للاستفادة المسموح به ومعدل النتج بحر اليومى. فمثلاً إذا كانت كمية المياه التي تحتفظ بها الأرض من الماء القابل للاستفادة عند عمق ٣ أقدام السطحية من الأرض تبلغ ١٥٠ مم وأن المسموح به لنقص الماء القابل للاستفادة ٦٠% وأقصى معدل بحر نتج ٧مم في اليوم تصبح أدنى فترة بين الريّة والأخرى مساوية لما يأتى:

$$150 \times 60 / 7 = 1285.7 \text{ يوم}$$

يمكن تحديد كمية ونظام رى البنجر لفترة طويلة بإيجاد حاصل ضرب معدل النتج بحر القياسى (ET) × معامل المحصول (kc) لمساحة محددة (Pruitt et al. 1987 and Snyder et al. 1987a and b) لتردد تبعاً لكفاءة الري حيث تضاف كمية تزيد عنها بمقدار ٢٠-٥٠%.

تأثير التفاعل بين الري والعوامل الأخرى

أولاً- التسميد الآزوتى: الأروت مهم فى تحديد كمية وجودة محصول البنجر فحينما يكون كل من الأروت والرى محدثان للنمو فى المرحلة الأولى من حياة النبات تحدث إستجابة كبيرة للتسميد الآزوتى عند الري مقارنة بالإمتناع عنه (Reichman et al. 1986) ولقد لاحظ بعض العلماء زيادة تركيز السكرور ومحصول الجذور عند التعرض للإجهاد فى مراحل النمو المتأخرة فى كل من النباتات المنخفضة والمرتفعة الأروت (Loomis and Worker, 1963).

ثانياً- النباتات القائمة بالحقل: تؤثر المياه وميعاد إضافتها بدرجة كبيرة فى أعداد النباتات القائمة فى الحقل حيث لا تؤثر فقط فى عملية الإنبات وإنما فى مساعدة البادرة على إختراق الطبقة السطحية الصلبة بالإضافة لتخفيف ملوحة التربة حيث أن البنجر حساس للملوحة فى مرحلة الإنبات، ويلاحظ فى المناخ الدافئ الجاف وفى وجود الرياح إرتفاع نسبة البحر من سطح التربة مما يؤدي إلى نقص الرطوبة حول البذور وتصلب الأرض، من هنا كانت الأهمية فى إختيار الميعاد

المناسب للريّة التّالية لبداية عملية إنبثاق البادرات. ويلعب الريّ الرّذاذى دوراً هاماً فى هذا الخصوص حيث يودى إلى نعمة الأرض الصلدة وغسيل الأملاح حول البذور والحفاظ على الرطوبة المثلى الملائمة للإنبات، وتكفى ريّة واحدة بالري بالخطوط بمياه جيّدة لتحويل منطقة البذور إلى منطقة مرتفعة الملوحة من ١-٢ ديسيمتر للمتر إلى ٥-١٠ ديسيمتر للمتر.

ثالثاً- الأمراض: يودى ارتفاع الرطوبة بالأرض إلى إنتشار الأمراض وخصوصاً الأمراض التى تصيب البادرات لذلك لاينبغي زيادة الري بكميات كبيرة فى مرحلة الإنبات حتى لا يودى ذلك إلى نقص فى النباتات القائمة لذلك يتفوق الريّ الرّذاذى فى هذا الإتجاه عن مثيله بالري بالخطوط، ويودى تشبع الأرض بالماء فى الأجواء الحارة إلى الإصابة بعفن الجذور الرطب مثل أنواع *Phytophthora* and *Pythium*

علاقة العمليات الزراعية بنظام الري

عند تعرض النباتات للإجهاد الرطوبى الشديد أو المتوسط خلال معظم مراحل النمو فإن الزراعة على مسافات ضيقة سواء بزيادة أعداد الخطوط فى القصبتين، عرض خط ٠,٧٥-١,٠م والمسافة بين الجور ١٥-٢٠ سم ينتج ذلك محصول لايس به من السكروز.

قائمة المراجع

- Akenson, W.R. & Henson, H.A. (1980) *Crops Science* 20, 735-739
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and Smith, M. 1998, *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Irr. & Drain. Paper 56 UN-FAO, Rome, Italy.
- Aylaj, M. & Lhadi, E. (2002) Effet du compost sur l'amélioration de la tolérance de la betterave à sucre irriguée avec une eau salée. *Proceedings of IIRB Congress, Mediterranean, Section, Marrakech*, pp. 114-120
- Badraoui, M. & Agbani, M. (2002) *Proceedings of the IIRB Congress, Mediterranean Section Marrakech*, pp. 93-95
- Brown, K., and R. Dunham 1986 The fibrous root system. The sugar-beet crop *Br Sugar-beet Rev* 54(3) 22-24.
- Carter, J.N. 1982 *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol* 21, 286-396.
- Carter, J.N., Jensen, M.E. and Traveller, D.J. 1980 *Agron. J.* 72:806-815
- Cheggour, M. & Fares, K. (2002) Effet de la composition de l'eau d'irrigation sur la qualité technologique de la betterave à sucre. *Proceedings of IIRB Congress, Mediterranean*
- Durrant, M.J., Draycott, A.P. & Milford, G.F.J. (1978) *Annals of Applied Biology* 88, 321-328.
- Durand, J.L. (1983) *Les sols irrigables*. Edited Press: Université de France, pp. 272-273
- Ehlig, C.F., and R.D. LeMert, 1979. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:403-407
- FAO Yearbook Production, Vol. 57, 2003, Rome
- Gharani, S.A. 1981. Impact of variable irrigation water supply on yield determining parameters and seasonal water use efficiency of sugar beets. Ph.D. diss. Univ. of California, Davis
- Ghoulam, C.H., Fourry, A. & Fares, K. (2002) *Environmental and Experimental Botany* 47, 39-50.
- Hang, A.N., and D.E. Miller. 1986a. *Agron. J.* 78:10-14
- Hang, A.N., and D.E. Miller. 1986b. *Agron. J.* 78:15-18
- Hanson, A.D., and R. Wyse 1982. *Plant Physiol.* 62:305-312, 1982
- Hunter, J.R. & Erickson, A.E. (1952) *Agron. J.* 44, 107
- Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hanczy, A., Mastrorilli, M. & Mon Karzel, E. (1997) Osmotic adjustment of sugarbeets in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. *Agricultural Water Management* 34, 57-69
- Khalifa, M.R., Balba, A.A. Mashali, S.A. and Morssi, S.A. 2000. *J. Agric. Res., Tanta Univ.*, 26(1):108-121

- Loomis R S and J.L.Haddock .1967 Sugar, oil and fiber crops. I Sugar beets In R M.Hagan etal. (ed) Irrigation of agricultural lands Agronomy 11 640-648
- Loomis, R S. and G F.Worker 1963 Agron J 55:509-515
- Maas, EV (1990) Crop salt tolerance. In Agricultural Salinity Assessment and Management (Ed) KK. Tanji. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. ASCE, New York
- Marschner, H , Kuiper, P.J.C. & Kylin, A (1981). Physiologia Plantarum 51,239& 244
- Mahmoud, S A , Hasanin, B., El-Geddawy, I.H. and Mosa, D.T.A.2008. Effect of sowing and harvesting on yield and quality of some sugarbeet varieties. Proceedings of the International Conference, page: 22-29. 18 Sept. 11-14, 2008. Al Arish, Egypt
- Malford, G F J., Cormack, W F & Durrant, M.J (1977) Journal of Experimental Botany 28, 1380&1388
- Miller, D E., and J.S Aarstad 1976. Agron. J 68: 231-234.
- Pruitt, W O., F.Fereres, K Kaita, and R.L. Snyder 1987. Reference evapotranspiration (ET_o) for California. Univ.California Agric. Ext.Stn.Bull.1922
- Reichman M A., H.J Doering, and L.C Benz.1986 Water management effects on N-use by corn and sugar beets. Trans. ASAE. 29(1) 198-202
- Saeed, M.M.2000. J.Agric. Sci. Mansoura Univ., 27(6):4303-4310.
- Snyder, R.L., H.J.Lanini, D A , Shaw, and O.Pruitt 1987a. Using reference evapotranspiration and crop coefficients to estimate crop evapotranspiration for agronomic crops, grasses and vegetable crops. Univ. California Coop.Ext.Leaf.21427
- Snyder, R.L., W.O Pruitt and D.A. Shaw 1987b. Determining daily reference evapotranspiration (ET_o) Univ. California Coop. Ext. Leaf 21426
- Stewart, B.A. and Neilsen, D.R. 1990 .Co editor Agronomy NO 30. Irrigation of Agricultural Crops. Madison, Wisconsin USA Publisher.
- Sugar Crops Council , Ministry of Agriculture ,Cairo ,Egypt,2004 and 2009 .
- Watson, D.J and Witts, K.J. 1959. Ann. Bot. 23, 431
- Winter,S.R. 1988. J. Sugar beet Res 25:1-10.
- Wright, J.L.1982. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 108. 57-74
- Wyse, R 1979. J. Am. Soc. Sugar beet Technol. 20. 368-385

فول الصويا

Soybean Glycine Max (L.) Merril

ينتمي فول الصويا إلى العائلة البقولية: Fabaceae وتحت العائلة الفراشية papilionaceae وجنس Glycine والشكل المفزرع من فول الصويا يعرف باسم Glycine max (L.) Merril وتعتبر كلمة Glycine كلمة يونانية تعني حلو وكلمة max تعني كبير.

نشأة المحصول

يلتشر هذا المحصول في جميع أنحاء العالم حيث يمكنه أن ينمو في مدى واسع من المناخ والتربة. ويعتقد أن نشأته في الصين منذ ٤ ٥ آلاف عام في المناطق الشمالية والوسطى للصين. تم إدخاله إلى أوروبا حوالي عام ١٧١٢ بواسطة عالم النبات الألماني Engelbert Kaempfer. وكان المعتقد حتى عام ١٩٨١ أن أول من أدخل المحصول إلى أمريكا الشمالية هو James Mease إلا أنه ثبت خطأ هذا الاعتقاد حيث ذكر أن Samuel Bowen قد أدخله إلى سكتا بولاية جورجيا من الصين عام ١٧٦٤، كما ذكر أن أحد العسكريين الأمريكيين المهمين قد ذكر في خطاب له أنه أرسل عينات منه إلى أمريكي يدعى Benjamin Franklin.

ولم يتم إدخاله على نطاق واسع إلى الولايات المتحدة الأمريكية إلا أوائل القرن التاسع عشر ١٩٠٠ وتم إدخال آلاف الأصناف الجديدة من الصين في أواخر عشرينات القرن التاسع عشر ١٩٢٠ بواسطة William Morse الذي ساعد بعد ذلك في تكوين الجمعية الأمريكية لفول الصويا، كما تم تصنيع أول مصنع لتصنيع فول الصويا بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٢٢ ونتيجة لذلك بدأ إنتاج هذا المحصول على نطاق واسع حيث أنتج في عام ١٩٢٩ تسع ملايين بوشل إزدادت إلى أكثر من عشر أضعاف لتصل إلى ٩١ مليون بوشل عام ١٩٣٩.

انتشار فول الصويا

أعتبر فول الصويا للعديد من القرون في كل من الصين، اليابان، كوريا وجنوب شرق آسيا واحداً من أهم مصادر البروتين والزيت. كانت الصين أكبر البلدان إنتاجاً للمحصول حتى عام ١٩٥٤ بعدها أصبحت الولايات المتحدة الأمريكية أكبر منتج في العالم حتى يومنا هذا.

ونظراً لاحتواء بذوره على نسبة مرتفعة من البروتين المنتج من وحدة المساحة فقد سُمي قديماً (الجوهرة الصفراء، الكنز الثمين، بروتين الطبيعة المعجزة ولحم الحقل). كما يعتبره البعض الآن سلاح ضد الجوع العالمي وبروتين المستقبل، كما ويعتبر سلاح ضد الأمراض المزمنة.

أما في مصر (Soybean in Egypt 2001) دخل هذا المحصول في أواخر الأربعينات من القرن التاسع عشر للأبحاث عن طريق أقسام المحاصيل، بعدها بـعشر سنوات أجريت عليه بعض التجارب الزراعية الأولية بواسطة قسم المحاصيل بكلية الزراعة جامعة القاهرة، ثم تم إدخال بعض الأصناف الجديدة عن طريق مركز البحوث الزراعية بوزارة الزراعة. وفي عام ١٩٧٠ تم زراعته على نطاق واسع نسبياً بزراعة ٣ آلاف فدان بمتوسط إنتاج قدره ٣٠٠ كيلوجرام للفدان، إتجهت بعدها المساحة المنزرعة للزيادة لتصل أقصاها عام ١٩٨٣ حيث بلغت ١٤٧ ألف فدان بمتوسط إنتاج قدره ١,٥ طن للفدان، أعقب ذلك نقص دائم ومستمر إلى أن وصلت المساحة إلى ٣١,٩١٥ ألف فدان بنفس متوسط الإنتاج للفدان عام ١٩٩٧. وقد يكون التراجع في مساحته المنزرعة لواحده أو أكثر من الأسباب التالية:

- ١- نبات إنتاجية وحدة المساحة مع استمرار زيادة المنتج من وحدة المساحة للمحاصيل المنافسة مثل القطن، الأرز، الذرة الشامية، الذرة الرفيعة، السمسم والفول السوداني مما يعمل على خفض أرباحية المنتج من الفدان منه.
- ٢- تنافس المحاصيل التقليدية الصيفية لة مثل القطن، الأرز، الذرة الشامية، الرفيعة، السمسم والفول السوداني في الدورة الزراعية بأراضي الوادي القديم.
- ٣- يعتبر فول الصويا مصدراً للإصابة بدودة ورق القطن.

٤- قلة عدد مصانع تصنيع فول الصويا.

٥- عدم وجود البكتيريا الخاصة بفول الصويا أو قلتها بالتربة المصرية. نظرا لوجود مصر بالمنطقة الجافة لذلك يرتفع رقم حموضة التربة مما يؤدي إلى بعض المشاكل في تلقيح التربة ببعض سلالات البكتيريا العقدية الخاصة بفول الصويا والمسماة *Bradyrhizobium japonicum*.

إلا أن الإهتمام بدأ حديثا في عام ١٩٩٤ بالاتجاه نحو دراسة إمكانية زراعته بأراضي الاستصلاح الحديثة (الرملية والملحية) مما أدى إلى زراعة ٢٤٣٥ فدان من فول الصويا كان متوسط محصولها ٧٩٠ كيلو جرام للفدان تناقصت عام ١٩٩٧ لتصل المساحة إلى ٦٧٧ فدان بمتوسط إنتاج ٧٢٢ كيلو جرام للفدان.

ولقد أقيم مشروع في الفترة الممتدة من ١٩٩٧-٢٠٠١ تابع للمجلس الأعلى للجامعات ضمن مشاريع ترابط الجامعات المصرية والأجنبية حيث تم بين كل من جامعة عين شمس (كلية الزراعة) وجامعة ميريلاند وزارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية لدراسة تقنيات متكاملة جديدة لزراعة محصول فول الصويا بأراضي الاستصلاح الجديدة بمصر (Final Report, 1997-2001) وقد أظهرت النتائج إمكانية زراعة المحصول بالأراضي الرملية دون الأراضي الملحية برفع إنتاجيتها إلى ١,٣٢٧ طن للفدان بزيادة مقدارها واحد طن عن متوسط إنتاجية أراضي الاستزراع ولم تتمكن الأصناف المصرية من إستكمال دورة حياتها بالأراضي الملحية مما عدا صنفى Toano and Giza 29 حيث نجح إنباتهما إلا أنهما أخفقا في إعطاء أى محصول لذلك أقتصرت إقامة التجارب على الأراضي الرملية وقد كان ملخص النتائج المتحصل عليها كالتالى:

١- أعطى الصنف جيزة ٨٢ والصنف جيزة ٣٥ أعلى كمية محصول مقارنة بين الأصناف الأخرى التي استخدمت. تفوق الصنف جيزة ٨٢ على الصنف جيزة ٣٥ بالنظر إلى محصول البذور، البروتين والزيت. كما كانت إصابتهما بسدودة ورق القطن وثاقبات الذرة والإصابة الفيروسية غير معنوية.

٢- كانت أكفأ سلالات البكتيريا المستخدمة تحت ظروف الأراضي الرملية هي *Bradyrhizobium japonicum*, USDA 110 and MIRCEN 503

٣- كانت أفضل حزمة معاملات التي أعطت أعلى محصول لكل من الصنفين هي كالتالي:

- أ - تلقيح البذور بمخلوط من السلاكتين المذكورتين سابقا.
- ب- إضافة ٢٣ كيلوجرام من فواء للفدان في صورة سوبر فوسفات الكالسيوم.
- ج- إضافة ٦٠ كيلوجرام من النيتروجين في صورة كبريتات الأمونيوم للصنف جيزة ٨٢ و ٩٠ كيلوجرام نيتروجين للفدان من كبريتات الأمونيوم للصنف جيزة ٣٥.

مورفولوجيا النبات

تتكون البذرة من الغلاف الخارجى والجنين والغذاء المخزن وهي خالية من الإندوسبيرم. يتكون الجنين من فلقين يتم فيهما تخزين الغذاء ويتكون الجنين من الجذير والسويقة الجنينية السفلى والسويقة الجنينية العليا والريشة ويتميز غلاف البذرة بوجود السرة التي تختلف بين الشكل المستقيم والشكل البيضي وغلاف البذرة يحميها من الإصابة بالأمراض الفطرية والبكتيرية. عند توافر الظروف الملائمة يحدث الإنبات.

يتكون الجذر الأولي من الجذير بينما تحمل السويقة الجنينية السفلى الفلقات حيث أن الإنبات في محصول فول الصويا هوأى. وتكون السويقة الجنينية العليا الساق الرئيسى والقمة النامية وعادة ما تزرع بذور فول الصويا على عمق يتراوح ما بين ٢-٥ سم متوقفاً ذلك على نوع التربة وحالة رطوبتها.

تلعب رطوبة التربة دورا هاما للغاية في إنبات بذور فول الصويا حيث يلزم لإنباتها إحتواء التربة على ٥٠% من الرطوبة قبل بداية الإنبات، في نفس الوقت فإن زيادة الرطوبة تعمل على عدم إنباتها أيضا نتيجة لنقص الأكسجين. والجذير هو أول عضو يخرج من غلاف البذرة وينمو بسرعة ليكون الجذر وسرعان ما يتكون عليه الجذور الجانبية بمجرد إستطالته وبعد ٤-٥ أيام من الزراعة تظهر الشعيرات الجذرية على الجذور الجانبية والتي تعتبر سطح الإمتصاص الرئيسى للنظام الجذرى ويستمر الجذر فى التفرع، وفي نهاية موسم النمو يتخلل الجذر التربة إلى عمق يصل إلى

١٥٠ سم أو أكثر ويوجد معظم المجموع الجذري في عمق ٢٠ سم السطحية من التربة وبكثافة كبيرة في ال ٥ سم السطحية من التربة. بعد إنبات الجذور تبدأ السويقة الجنينية السفلى في الاستطالة على هيئة قوس يندفع لأعلى حاملة معها الفلقات (النبات هوأى)، وعندئذ تجنب الفلقات السويقة الجنينية العليا إلى أعلى وفي هذه الأثناء تتوقف الخلايا العلوية للسويقة الجنينية السفلى عن النمو مع استمرار الخلايا السفلية لها في النمو إلى أن يستقيم هذا القوس. هذه العملية تؤدي إلى رفع الفلقات في وضع قائم. وبمجرد تعرض السويقة الجنينية العليا لأشعة الشمس تبدأ أول الورقات في التمدد بعدها يتم إنباطها وتنمو بسرعة مكونة الأوراق المفردة المتقابلة التي تخرج من نفس العقدة بعدها تظهر الأوراق المركبة ثلاثية الوريقات المتبادلة على الساق بحيث تخرج كل واحدة من عقدة مختلفة، وبمجرد تعرض الفلقات وأجزاء النبات الأخرى لأشعة الشمس تتحول إلى اللون الأخضر نتيجة لتكوين الكلوروفيل، ويظل الغذاء المخزن بالفلقات المصدر الأساسي لتغذية النبات لفترة حوالى أسبوع بعد الإنبات. ويلاحظ أنه عند حدوث أى شقوق أو كسور بالبذرة قبل الزراعة تكون فرص إنباتها قليلة.

مراحل النمو ومجاميع النضج

معظم محاصيل الحقل تتميز بوجود مرحلتين أساسيتين للنمو، مرحلة النمو الخضري ومرحلة النمو الزهري أو الثمرى. وفي نبات فول الصويا فإن المدة المنقضية من الإنبات وظهور أول زهرة تعرف باسم مرحلة النمو الخضري والتي عادة ما تأخذ ٦-٨ أسابيع وفي الواقع فإن طول فترة النمو الخضري وحجمه قبل الإزهار تتوقف على الأصول الوراثية Genotypes، ميعاد الزراعة Planting date، الموقع الجغرافى Geographic location، الظروف البيئية Environmental conditions.

فول الصويا من مجموعة النباتات ثلاثية الكربون ومن المحاصيل الحساسة لطول الفترة الضوئية حيث ينتقل من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة النمو الثمرى بقصر فترة الإضاءة أو بتعبير أدق بإطالة فترة الظلام التي يتعرض لها النبات أثناء اليوم، حيث يبدأ إزهار معظم أصناف فول الصويا بمجرد بداية قصر النهار وعلى ذلك فهو ينتمى إلى نباتات النهار القصير (الليالى الطويلة).

تتعب خطوط العرض دوراً مهماً في ألقمة الأصناف بالمناطق الجغرافية المختلفة. ففي القارة الأمريكية تنقسم أصناف فول الصويا إلى ١٣ مجموعة نضج تعرف المجموعة الأولى بثلاث أصناف (٠٠٠) بمجموعة الأصناف المؤلمة للإزهار على خطوط العرض المرتفعة (أي خطوط البعيدة عن خط الإستواء) وكلما انخفضت خطوط العرض (قرب خط الإستواء) كلما ازدادت أرقام مجاميع النضج من ثلاث أصناف بالإتجاه إلى المجموعة رقم ١٠.

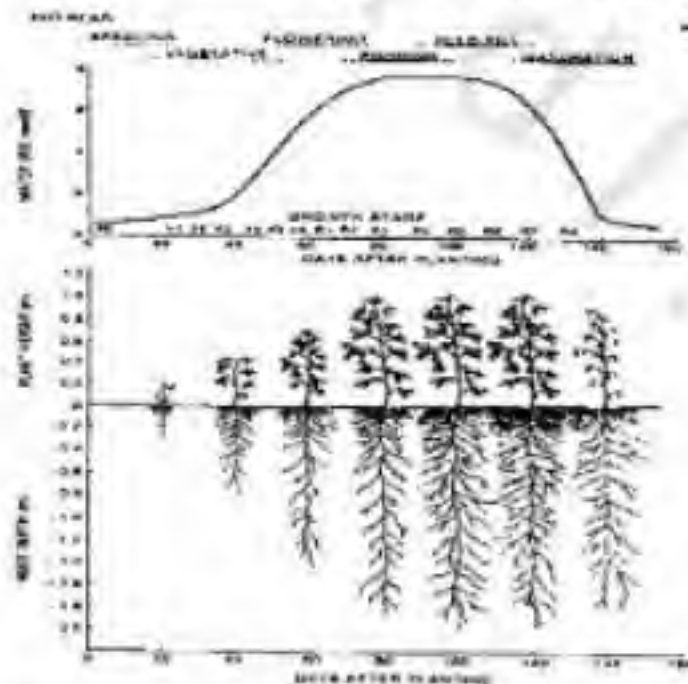
إن تقسيم أصناف فول الصويا إلى مجاميع النضج يساعد المزارع على اختيار الأصناف الملائمة لكل منطقة. ففي حالة زراعة صنف من مجموعة النضج الملائمة للمناطق الشمالية في المناطق الجنوبية فإنها ستعرض لليل طويل مبكراً أثناء مرحلة النمو الخضري عن منطقتها الأصلية مما يعمل على إزهار نباتاتها وتكوين قرونها قبل إكمال نموها الخضري مما يؤدي إلى نقص المحصول، والعكس صحيح إذا زرعت أصناف المنطقة الجنوبية بالمناطق الشمالية فإنها ستعرض لطول فترة الظلم اللازمة للإزهار متأخراً في موسم النمو مما قد يعرضها لأضرار الصقيع المبكر قبل تصحج البذور.

إن حجم المجموع الخضري لا يتوقف فقط على العوامل التي سبق ذكرها بل إنه أيضاً يتوقف على طبيعة الصنف. فهناك أصناف محدودة النمو، وأصناف غير محدودة النمو وفي الأصناف محدودة النمو فإن إرتفاع النبات يزداد قليلاً أو لا يزيد على الإطلاق بعد الإزهار، كما تخرج الأزهار على قمة وقاعدة النبات في وقت واحد تقريباً، لذلك تكون القرون والبذور متماثلة تقريباً على طول النبات كما أن الأوراق الطرفية تكون متماثلة في الحجم مع الموجودة أسفل الساق الرئيسي وعادة ما تحمل الساق الرئيسي أزهار طويلة العنق التي تكون العديد من القرون على العقد الطرفية. على حين أن الأصناف غير محدودة النمو فإن إرتفاع النبات قد يزداد مرتين إلى أربع مرات بعد الإزهار، وتتميز القرون والبذور والأوراق الموجودة على الجزء السفلي من السيقان بكبر أحجامها مقارنة بمثيلاتها الموجودة على قمة الساق والتي بدورها تحمل أوراق صغيرة في الحجم مقارنة بمثيلاتها الموجودة على الجزء السفلي مع وجود القليل من القرون على العقد الطرفية.

ينخل النبات فى مرحلة النمو الزهرى بعد مرحلة النمو الخضرى وفيها يتم تحول البراعم الإبطية إلى مجاميع من الأزهار تتراوح كل مجموعة بين ٢-٣٥ زهرة مكونة كل منها نورة يعقبا تكوين القرون ثم البذور فالنضج ويستغرق طول هذه الفترة بأكملها ٧-١٢ أسبوع. تظهر أول مجموعة من الأزهار على العقدة الخامسة أو السادسة وفى بعض الأحيان أعلى من ذلك ثم يبدأ تباعاً تكوين الأزهار فى إتجاه قمة الساق الرئيسى أو قمة الأفرع الجانبية. وتتلأ فترة الإزهار بميعاد الزراعة إلا أنها قد تمتد إلى ٣-٥ أسابيع.

نمو نباتات فول الصويا:

تعتبر عملية نمو نباتات فول الصويا عملية مستمرة تبدأ بانيات البذور وتستكمل حينما تصل البذور للحصاد. وتعرض النباتات أثناء حياتها إلى كثر من العوامل التى قد تشجع أو تؤخر تطورها وإنتاجيتها. تتحكم الطبيعة فى بعض هذه العوامل مثل الرياح والفترة الضوئية وثانى أكسيد الكربون. والبعض يتحكم فيها المزارع مثل إضافة المبيدات والأسمدة وميعاد وطرق الزراعة وغيرها من العمليات الزراعية الأخرى. ويوضح شكل (٩-٤) إستعمال الماء ومراحل النمو وإرتفاع النبات وعمق الجذور فى نبات فول الصويا خلال موسم نموه.



شكل(٩-٤) إستعمال الماء ومراحل النمو وإرتفاع النبات وعمق الجذور فى نبات فول الصويا خلال موسم نموه

إنه من الأهمية بمكان للمشتغلين بإنتاج محصول فول الصويا استخدام نفس المصطلحات عند مناقشة تطور النبات، فمثلاً عندما ينصح منتج المبيد العشبي بإضافة المبيد قبل وصول النبات مرحلة ستة ورقات، فينبغي على المزارع إضافتها في الوقت الصحيح بدون أن يحدث أى خطأ، كذلك فقد يحدث خلاف بين المشتغلين بإنتاج فول الصويا على مرحلة إكمال التزهير، لذلك فإن لم يكن هناك إتفاق على وصف هذه المرحلة فسوف يحدث إخفاق في إدارة العمليات الزراعية لنبات فول الصويا.

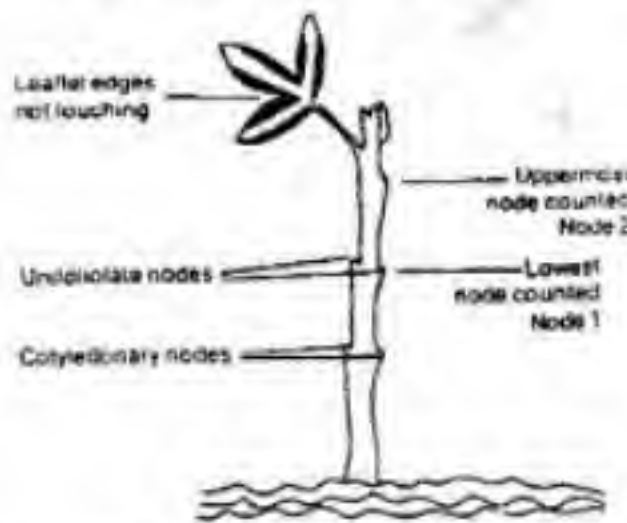
إن تحديد ووصف مراحل تطور النبات تساعد في التفاهم بين المزارعين وممثلي رجال الأعمال المشتغلين بالزراعة والباحثين وأفراد الإرشاد الزراعى والمدرسين، وينبغي أن يكون الوصف موضوعي ودقيق حتى لا يحدث خلاف بين الأشخاص الذين يقومون بتعريف مراحل النمو التى يستطيعون إستخدامها لأى صنف ينمو فى أى منطقة وعادة ما يستخدم التعريف فى وصف النبات المفرد أو نباتات حقل فول الصويا.

توصيف مراحل النمو Growth phenology

قبل الدخول فى توصيف مراحل النمو المختلفة ينبغي الإلمام بما يأتى:

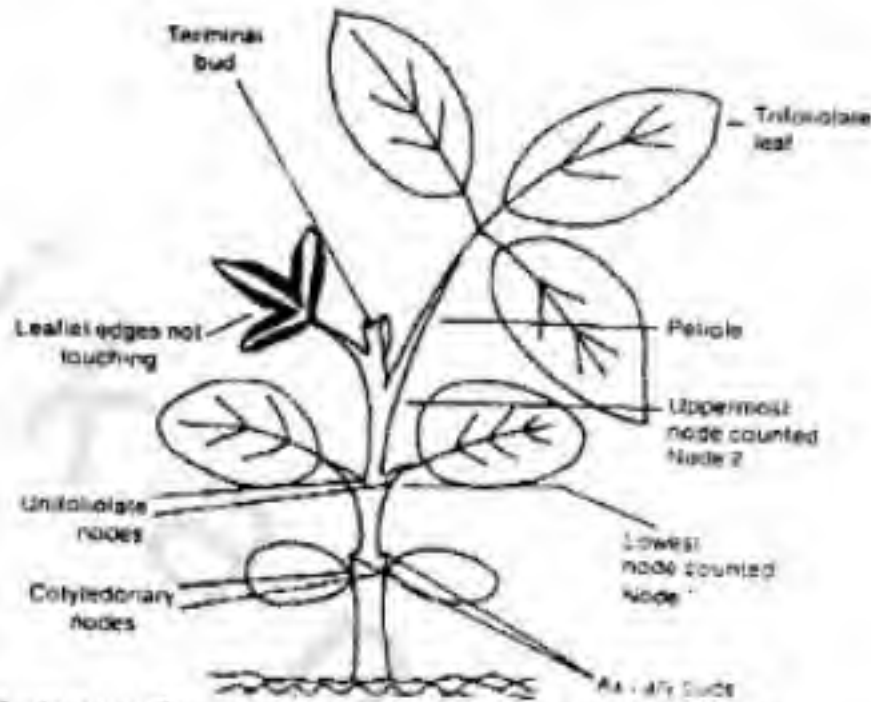
١- تعتمد عملية التوصيف على تعريف العقدة وهى عبارة عن الجزء من الساق الذى يحمل الورقة وفى حالة سقوط الورقة يمكن التعرف عليها بواسطة الندبة الصغيرة الموجودة مكان الورقة المتساقطة.

٢- تستخدم العقدة وليست الأوراق فى تحديد مراحل النمو وذلك لاستدامتها (شكل ٩-٥).



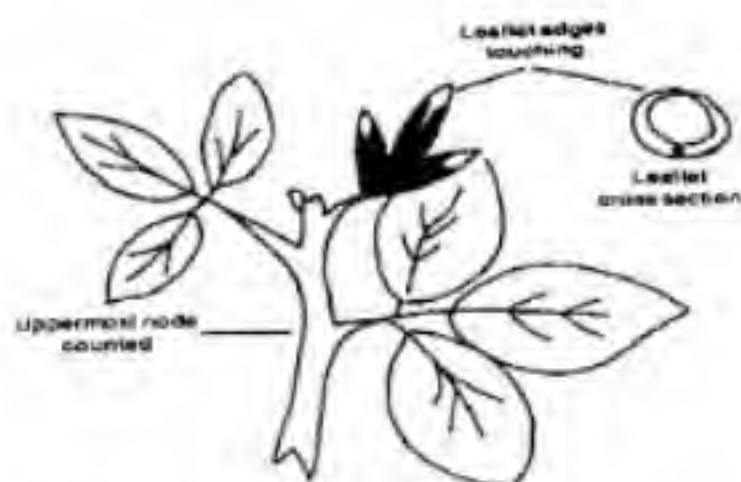
شكل (٩-٥) جزء من نبات فول الصويا عند مرحلة العقدة الثانية (V2)

- ٣- تعتبر العقدة التي تخرج منها الفلقات هي أول عقدة توجد على الجزء السفلي من الساق الرئيسي وتكون في وضع متقابل على الساق الرئيسي وكما هو معروف فإن الفلقات جزء من البذرة وتخرج من التربة بمجرد تكوين البادرات شكل (٩-٦).



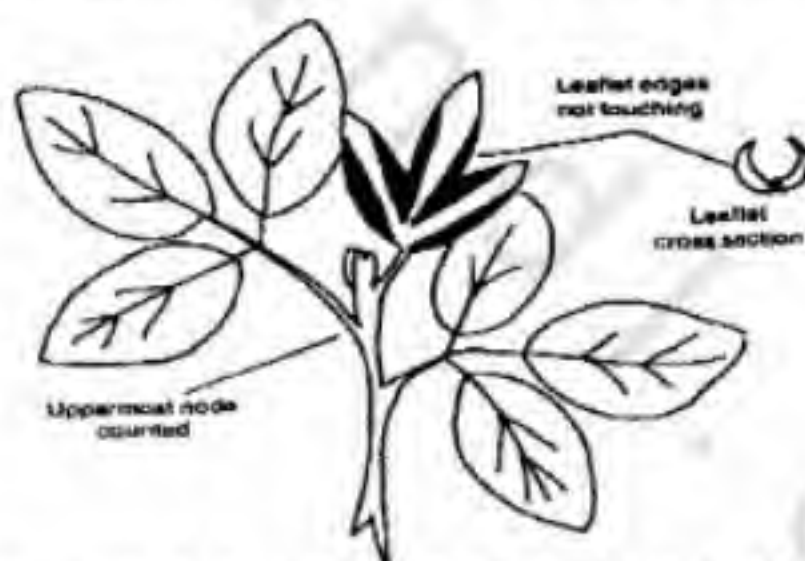
شكل (٩-٦). جزء من نبات فول الصويا عند مرحلة العقدة الثانية (٧٥)

- ٤- توجد العقد الحاملة للأوراق المفردة مباشرة فوق عقد الفلقات وتكون في وضع متقابل أيضا شكل (٩-٦)
- ٥- تحمل العقد جميعها التالية العقد الحاملة للأوراق المفردة أوراقا مركبة كل ورقة تتكون من ثلاث وريقات تكون في وضع متبادل على الساق شكل (٩-٦).
- ٦- تحسب أوراق الساق الرئيسي سواء وجد بها أوراق كاملة أو لا يوجد بها أوراق كاملة وذلك عند تحديد مرحلة النمو.
- ٧- تتضمن الأوراق الصغيرة ثلاثة وريقات تكون في البداية شكل اسطوانة نتيجة لتلامس أحرف وريقاتها وعند اكتمال تكوينها تتباعد هذه الأحرف وتتسطح الوريقات شكل (٩-٧).



شكل (٧-٩). توصيف العقدة العليا مع تطور كامل لتورقة (حواف الورقة متلامسة)

٨- عند حساب رقم العقدة لتحديد مرحلة النمو يستدل على ذلك من حالة تلامس أحرف وريقات أوراق العقدة التي تعلوها فإذا كانت حواف وريقاتها منبسطة (أي غير متلامسة) تدخل العقدة الموجودة أسفلها ضمن عملية التعريف شكل (٨-٩).



شكل (٨-٩) تطور العقدة العليا مع تطور كامل لتورقة (حواف الورقة غير متلامسة)

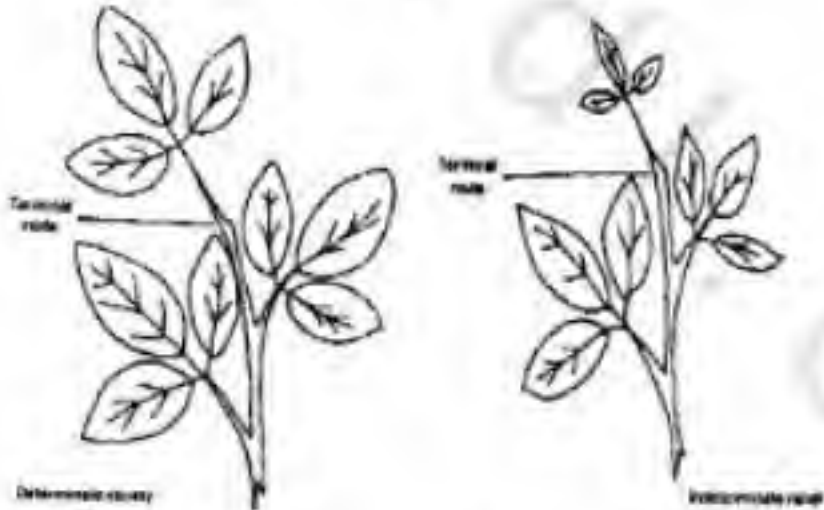
أطوار حياة فول الصويا

تنقسم أطوار حياة فول الصويا إلى طورين رئيسيين يتقسمان بدورهما إلى عدة مراحل الأول طور النمو الخضري والثاني طور النمو الثمري.

أولاً- طور النمو الخضري:

ويبدأ من وقت إنبات البذور Emergence من التربة وحتى ظهور أول زهرة وتتضمن مرحلة خروج الفلقات وتكوين العقد الحاملة للأوراق البسيطة (ومن الناحية العلمية تعتبر العقدة الحاملة للأوراق البسيطة عقدتين منفصلتين ولكنها رغم ذلك تحسب كواحدة لخروجها من مكان واحد وفي وقت واحد) والعقدة الحاملة للأوراق المركبة ويتوالى حساب مراحل النمو المختلفة بعد ذلك ويتم حساب عقد الساق الرئيسي فقط ولا يعتد بعقد الأفرع الجانبية. وعند كسر الساق الرئيسي لا تستخدم الأفرع الجديدة المتكونة في تحديد المراحل الفينولوجية. وتتميز كل مرحلة من مراحل النمو الخضري بحرف V مصحوبا برقم يدل على أعداد العقد النامية وتكون البداية بعقد الأوراق البسيطة التي تتميز باحتوائها على أوراق كاملة.

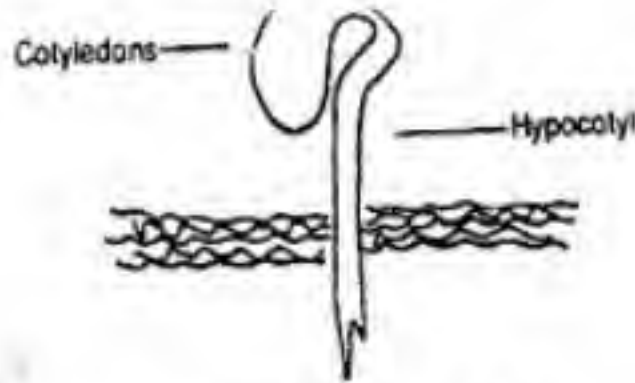
إن أصناف قول الصويا إما محدودة النمو أو غير محدودة النمو حيث ينتهي الساق الرئيسي في الأصناف محدودة النمو بعقدة تحمل ورقة مركبة ثلاثية تشبه الأوراق الكبيرة في حجمها، على حين تكون صغيرة في الأصناف غير محدودة النمو (شكل ٩-٩).



شكل (٩-٩). الساق الرئيسي ينتهي في الأصناف محدودة النمو بعقدة تحمل ورقة مركبة ثلاثية تشبه الأوراق الكبيرة في حجمها، على حين تكون صغيرة في الأصناف غير محدودة النمو

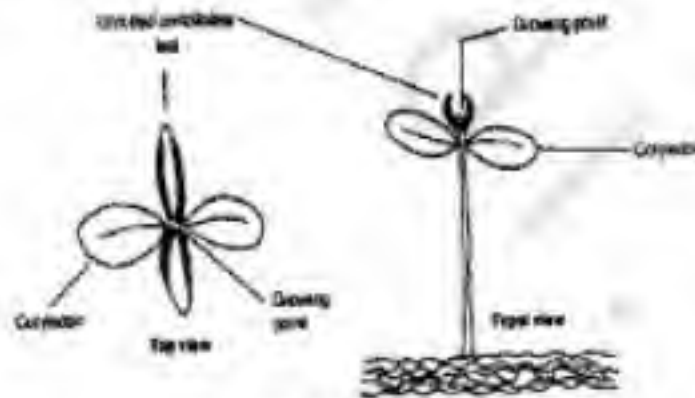
وفيما يلي وصف للمراحل المختلفة لطور النمو الخضري:

١- مرحلة الإنبات VE: تظهر الفلقات على سطح التربة (شكل ٩-١٠)



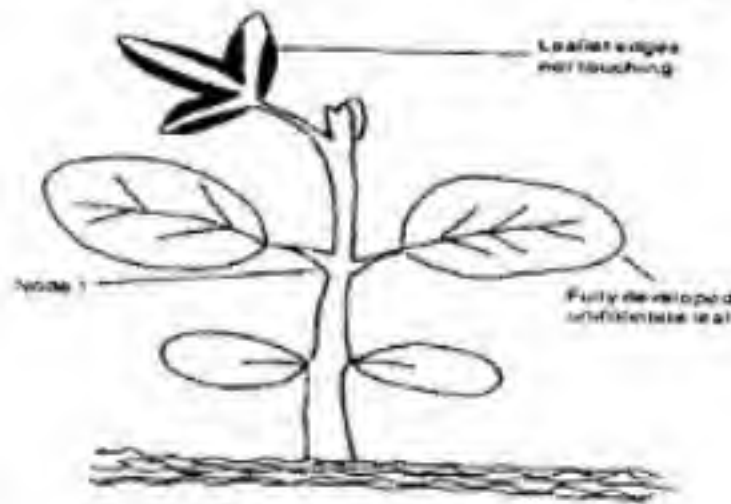
شكل (٩-١٠) مرحلة الإنبات VE

٢- مرحلة الفلقات VC: تنبسط الأوراق القلبية وتكون الأوراق التي تليها متكاملة الإنبساط أي أن حوافها غير متلامسة (شكل ٩-١١) وتمتد الفلقات النبات الجديد بحاجته من الغذاء لمدة تستمر من ٧-١٠ أيام ولا يؤثر كثيرا فقد أحد الفلقات لكن غياب الفلقتين يعمل على إنقاص كمية المحصول بمعدل يتراوح ما بين ٨-٩%.



شكل (٩-١١) مرحلة الفلقات VC

٣- مرحلة العقدة الأولى V1: تنبسط الأوراق البسيطة تماما مع إنبساط وريقات الورقة المركبة التي تعلوها مباشرة شكل (٩-١٢) وفي هذه المرحلة فإن عملية التمثيل الضوئي بواسطة الأوراق تكون كافية لسد احتياجات النبات.



شكل (٩-١٢) مرحلة العقدة الأولى V1

٤- مرحلة العقدة الثانية V2: تنبسط الورقة المركبة تماماً والقى تعلو الأوراق البسيطة مباشرة مع إنسباط وريقات الورقة المركبة الثانية التي تعلوها مباشرة وفيها يصل طول النبات إلى ١٥,٢ - ٢٠,٣ سم متضمنة ثلاث عقد تحمل الأوراق بما فيها الأوراق البسيطة. وعادة ما تهاجم البكتيريا العقدية جذور النباتات في هذه المرحلة مكونة عقد بيضاوية الشكل تمتد النبات بالنيتروجين من خلال عملية تثبيت الأرويت الجوى وتحت ظروف الحقل يمكن رؤية العقد البكتيرية بعد مرحلة VE مباشرة إلا أن عملية تثبيت النيتروجين النشطة لا تتم قبل بداية مرحلة V2, V3 بعدها تزداد أعداد العقد المتكونة وكمية النيتروجين المثبت حتى مرحلة منتصف R5 حينما تبدأ في التناقص الحاد.

٥- مرحلة العقدة الثالثة إلى الخامسة V3-V5: في مرحلة العقدة الثالثة يتراوح طول النبات بين ١٨-٢٣ سم مكونا أربع عقد بأوراقها المنبسطة الوريقات على حين يتراوح طول النبات بين ٢٥,٤-٣٠,٥ سم مكونا ٦ عقد بأوراقها المنبسطة الوريقات بمرحلة الخمس عقد ويوجد في أبط الزاوية العليا الموجودة بين عناق الورقة والساق الرئيسى برعم جانبي الذي يشبه تماماً القمة النامية للساق الرئيسى، قد يكون هذا البرعم فرع أو زهرة ثم قرن أو بظل ساكن دون نشاط. تتحدد أعداد الأفرع المتكونة تبعاً للمسافة بين الصفوف، والكثافة النباتية معتمدة في ذلك على طبيعة الصنف. ويحمل الساق الرئيسى أكبر الأفرع يليه تنازلياً الأفرع التالية وفي

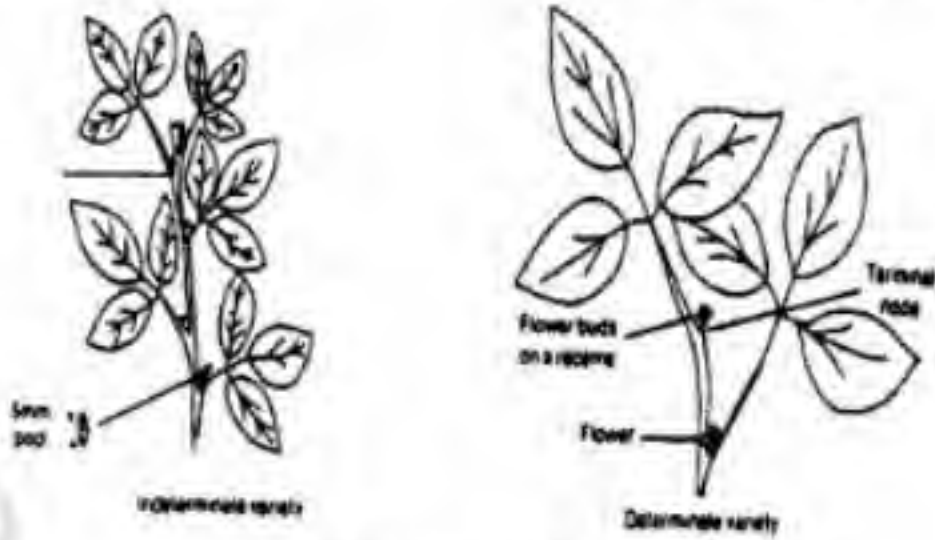
المرحلة الخامسة تظهر البراعم الإبطية منزاحمة bushy وتبدأ في تكوين مجموعة من الأزهار تسمى بالراسيم.

٦- مرحلة العقدة السادسة V6: تصل النباتات إلى ارتفاع ٣٠,٥-٣٥,٦ سم محتوية على سبع عقد وريقات أوراقها منبسطة ثم يتوالى بعدها كل ثلاث أيام تكوين المراحل التالية للعقد.

ثانياً- طور النمو الثمرى:

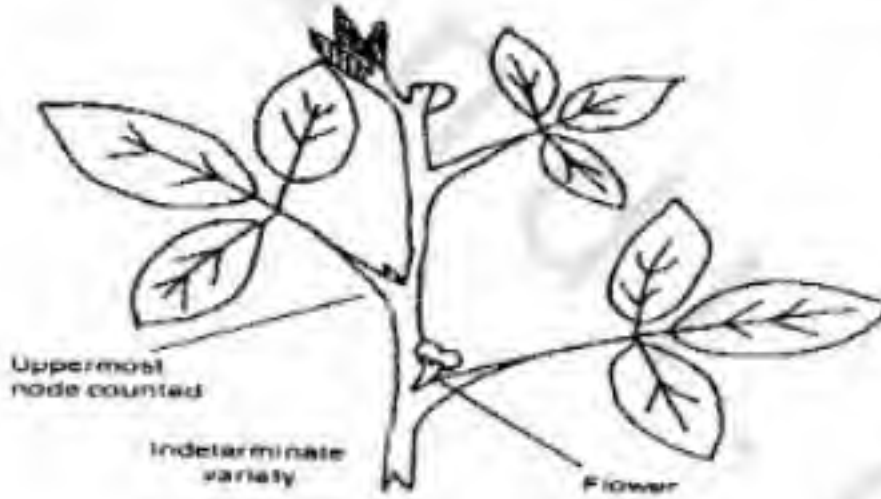
يعتمد النمو الثمرى على تكوين الأزهار والقرون والبذور ونضج النبات وبأخذ كل طور الحرف R متبوعاً برقم يشير إلى ترتيبه في تلك المرحلة وينبغي استخدام الساق الرئيسي لتقدير مراحل النمو الثمرى وتتخلل النباتات في مرحلتى R1, R2 في وقت واحد للأصناف محدودة النمو لبدء تكوين الأزهار على العقدة العليا للساق الرئيسي على حين يفصل بينهما ٣ أيام للأصناف غير محدودة النمو والتي يبدأ إزهارها على الجزء السفلى للساق الرئيسي متجهاً إلى أعلى بالتقدم في العمر. وتستكمل القرون كامل حجمها تقريباً قبل دخول البذور في النمو السريع، وعادة ما يقاس القرن في مرحلتى النمو R3, R4 من قاعدة الكأس في الجزء السفلى للقرن إلى طرف القرن، وعند وصول القرن إلى ٢ سم في الطول في مرحلة R4 فإن تجويف القرن يحدد بغشاء أبيض اللون وفي مرحلة R6 يكبر حجم البذور عند الحد الذي يملأ الجزء الداخلى للغشاء تماماً ثم تستمر في الزيادة في السمك بعد ذلك حتى إكتمال وصولها إلى الحجم الكلى. ويتقدم نضج المحصول تصفر الأوراق والقرون في وقت واحد، وفي بعض الأحيان تظل الأوراق خضراء بعد وصول القرون للنضج وتختلف ألوان القرون عند النضج من أسود إلى بني إلى أحمر غامق. وفيما يلي وصف مراحل النمو الثمرى:

١- بداية الإزهار R1: تتفتح زهرة واحدة على أى عقدة على الساق الرئيسي (شكل ٩-١٣) فعند بداية الإزهار تكون يكون أقل من نصف العقد على الساق الرئيسي قد تطورت في الأصناف غير محدودة النمو، بينما تطور معظم أو كل العقد في الأصناف محدودة النمو والتي يمكن أن يبدأ الإزهار فيها بتفتح زهرة على واحدة من العقدتين العلويتين على الساق الرئيسي.



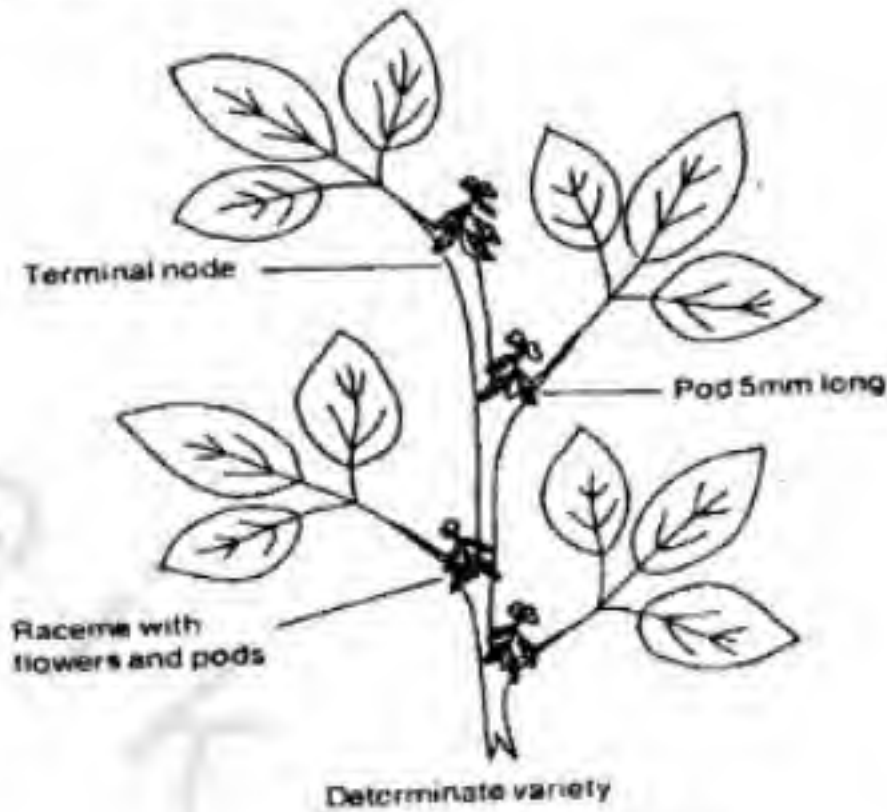
شكل (٩-١٣) بداية الإزهار R1

٢- تكامل الإزهار R2: تتفتح زهرة على واحدة من العقدتين العلويتين للساق الرئيسي مصحوبة بتمام إكتمال تكوين الورقة (شكل ٩-١٤). ويلاحظ أن المرحلة R1، R2 يمكن أن تتم معاً في الأصناف محدودة النمو.



شكل (٩-١٤) تكامل الإزهار R2

٣- بداية تكوين القرن R3: يوجد قرن بطول ٥ مم على واحدة من الأربع عقد العليا للساق الرئيسي مصحوبة بتمام تكوين الورقة (شكل ٩-١٥).



شكل (٩-١٥) بداية تكوين القرن R3

- ٤- إكمال تكوين القرن R4: يوجد قرن بطول ٢ سم على واحدة من الأربع عقد العليا للساق الرئيسي مصحوبا بتمام إكمال الورقة.
- ٥- بداية تكوين البذور R5: توجد بذور بطول ٣ مم في داخل قرن موجود على واحدة من الأربع عقد العليا للساق الرئيسي مصحوبة بتمام إكمال الورقة.
- ٦- إكمال تكوين البذور R6: يحتوى القرن الموجود على واحدة من الأربع عقد العليا للساق الرئيسي على بذور خضراء تملأ تجويف القرن مصحوبة بتمام إكمال تكوين الورقة.
- ٧- بداية النضج R7: يوجد قرن واحد طبيعي على الساق الرئيسي وصل إلى لون النضج.
- ٨- تكامل النضج R8: وصول ٩٥% من القرون للون النضج ويلزمها ٥-١٠ أيام للتعرض للجو حتى تصل رطوبتها إلى ١٥%.

أثر الماء على فول الصويا

لقد ازداد الاهتمام بمحصول فول الصويا لقدرته الواسعة على النمو تحت ظروف متباينة من المناخ والتربة. وأغلب المساحات المنزرعة من هذا المحصول تزرع تحت ظروف المطر بالولايات المتحدة الأمريكية، كما أن نسبة كبيرة تزرع تحت ظروف الري.

تختلف حاجة النبات للماء باختلاف مراحل نمو النبات ومتطلبات البخر وتطور المجموع الخضري.

وتلعب الأصناف والظروف البيئية ومرحلة النمو دوراً مهماً في تحديد الاحتياجات المائية للمحصول، حيث تختلف الأصناف ذات الأوراق المغطاة بالزغب مثل هوروسوى عن الأصناف قليلة الزغب مثل كالدند. كما يقل استعمال الماء بمرحلة الإنبات ونمو البادرات ويكون مصاحباً لفقد كبير في الماء خلال عملية التبخير من التربة في ذلك الوقت وتزداد سرعة استعمال الماء في الفترة من V3 - V6 على حين يصل إلى أقصى قدر عند إكتمال المجموع الخضري ووصول الجذر إلى أقصى حجم ويكون ذلك في مراحل الإنتاج بداية من تكامل الأزهار (R1، R2) وبمجرد بدء البلوغ وإمتلاء القرون يحدث نقص سريع في استعمال الماء يكون مصاحباً لوصول الأوراق والجذور لمرحلة الشيخوخة في نهاية موسم النمو ومصاحباً لنقص في عملية التبخير.

أثر الماء على المراحل المختلفة

ارتفاع النبات:

يتحدد ارتفاع النبات بعدد وطول السلاسل، ولا يكون هناك تأثير للماء على العدد إلا أن الطول يتأثر ويختلف تبعاً لطبيعة الصنف. فالأصناف المحدودة النمو لا تتأثر بالإجهاد المائي بعد وصولها إلى مرحلة بداية التزهير (R1) والتي تزداد قليلاً في الطول بعد هذه المرحلة، على حين يكون العكس في الأصناف غير محدودة النمو حيث تصل إلى هذه المرحلة مبكراً ويظل النمو الخضري مستمراً حيث تستمر استطالة الساق حتى مرحلة R4 ومن هنا فإن ارتفاع النبات يزداد بالري وتزداد عملية

الرقاد زيادة خطية بإضافة الماء في حدود معينة (Specht et al, 1986) قد يؤدي إلى نقص في المحصول بطريق غير مباشر في هذه الأصناف بعد تعرضها للرقاد.

دليل مساحة الأوراق:

بواكب نمو مساحة الأوراق زيادة إرتفاع النبات بتوافر الماء لذلك فإن العوامل المؤدية لزيادة إرتفاع النبات لها علاقة بزيادة مساحة الأوراق. إن زيادة الأوراق في الحجم حساس لنقص الماء القابل للاستفادة ومن هنا فإن التعرض للجفاف يؤدي إلى نقص في مدة بقاء الورقة وعلى ذلك فإن دليل مساحة الأوراق حساس للإختلاف في الإمداد المائي للتربة وكذلك للتعرض للإجهاد الرطوبي. تزداد مساحة الورقة بسرعة أثناء مرحلة النمو الخضري وقد يكون ذلك ذو تأثير ضار عند زيادة عملية النتج بدرجة أكبر من قدرة احتفاظ التربة بالماء اللازم لإمداد مراحل النمو التالية. وعلى ذلك ينبغي عند رى محصول فول الصويا تجنب الري الزائد أثناء مرحلة النمو الخضري الذي يؤدي إلى زيادة في مساحة الأوراق بمعدل أكبر من المستويات التي يحتاج لها النبات لأداء عملية التمثيل الضوئي المثلى ولتلق المجموع الخضري كما ويؤدي إرتفاع دليل مساحة الأوراق عن الحد الأمثل إلى خفض كفاءة الري بزيادة النتج ونقص رطوبة التربة. وكما سبق القول في الباب الخامس والمتعلق بتأثير الإجهاد الجفافي على نمو ومحصول الحاصلات الحقلية، فإن قيمة معامل إستجابة محصول فول الصويا عند التعرض لنقص الماء تكون أقل من الوحدة في مرحلة النمو الخضري، على حين يكون أكبر من الوحدة عند تعرضه له أثناء مرحلة الإزهار مما يعني تحمله لإجهاد الجفاف في مرحلة النمو الخضري عن مرحلة الإزهار. ويتأثر محصول فول الصويا بالتعرض للإجهادات البيئية حيث يؤدي نقص العناصر الغذائية وعدم كفاية الماء إلى نقص كبير في الناتج المحصولي في الفترة الممتدة من R4 إلى ما بعد مرحلة R6 بقليل وخلال هذه المرحلة فإن الفترة الممتدة من R4.5-R5.5 (منتصف بداية تكوين البذور إلى منتصف نهاية تكوين البذور) يكون النبات حساس للإجهاد على وجه الخصوص. ويتجاوز النبات المرحلة R6 فإن النقص في المحصول نتيجة للتعرض للإجهاد يقل حيث لا يتأثر في مرحلة R7 ويتم الحصول على أعلى محصول بنموه في بيئة ملائمة لجميع مراحل نموه.

تراكم المادة الجافة:

تراكم المادة الجافة عبارة عن محصلة ما ينتج من عملية التمثيل الكربوني التي تتم بواسطة الأعضاء الخضراء وما يستهلك في نمو كل من الورقة والجذر والساق أثناء مرحلة النمو الخضري وتنتقل كتلة المادة الجافة من الأوراق والسيقان والجذور إلى القرون والبذور أثناء مرحلة النمو الثمرى. يكون للري أثر كبير على تجمع المادة الجافة أثناء مرحلة النمو الثمرى حيث يؤدي الماء إلى انتقال ناتجات عملية التمثيل الضوئي من الورقة إلى البذور (Huck et al, 1986) حيث وجد أن دليل الحصاد يرتفع باستمرار رى المحصول عن عدم ريه. إن مرحلة الإثمار تكون مواكبة لارتفاع درجة الحرارة وزيادة عملية انتقال ناتجات عملية التمثيل الضوئي من الأوراق إلى البذور، وعلى ذلك فإن نقص الرطوبة أثناء أى مرحلة من مراحل الإزهار والإثمار تؤدي إلى نقص عملية التمثيل الضوئي وكفاءة الانتقال مما يؤدي إلى نقص تراكم المادة الجافة بالبذور وبالتالي نقص المحصول، حتى لو كانت عملية تراكم المادة الجافة بالأوراق والسيقان بصورة مقبولة في المراحل المبكرة من حياة المحصول ولا يقتصر ذلك فقط على محصول البذور بل يمتد أيضا إلى كل اجزاء النبات عند الحصاد. حيث يزداد دليل الحصاد بتوافر الرطوبة، ويؤدي تعرض النباتات للجفاف إلى زيادة مجموع أطوال الجذور وعلى العكس ينقص وزنها معنيها. ولقد وجد أن هناك ارتباطا عاليا المعنوية بين محصول البذور وبقاء مساحة الأوراق ودليل مساحة الأوراق والوزن الجاف للسيقان عندما تنمو نباتات فول الصويا تحت ظروف الجفاف المتزايد. إن التعرض للجفاف يؤدي إلى نقص معنوي للمادة الجافة المتجمعة عند الحصاد بجميع أنسجة أعضاء النبات الموجودة فوق سطح الأرض (Huck et al, 1986).

يتم أكبر تجمع للمادة الجافة المتكونة في المرحلة من بداية التزهير (R1) إلى إكمال تكوين القرون (R4)، وذلك للأصناف محدودة النمو بعدها تنتقل بسرعة إلى القرون والبذور وعلى ذلك يقل وزن الورقة إلا أن هذه العملية تتأثر عند التعرض للإجهاد الرطوبي مما يؤدي إلى فقد غير عكسي لقدرته الإنتاجية إلا إذا أضيف الماء قبل هذه المرحلة. وعادة ما يتم تراكم المادة الجافة الكلية خلال مرحلة بداية نضج القرون (R7) مع استمرار التراكم خلال مرحلة بداية تكوين البذور (R5) ثم تبدأ في

الإنخفاض، ويعود جزء من هذا الإنخفاض إلى إنتقال المادة الجافة إلى البذور أثناء مرحلة إمتلاء البذور ويلبغى التأكيد على أن مرحلة إمتلاء البذور حساسة بدرجة كبيرة للجفاف.

الأصناف:

من المتوقع نظرياً أن زيادة إنعكاس الأشعة الضوئية يؤدي إلى نقص النتج والتبخير، مما يؤثر بالتبعية على رى محصول فول الصويا ومدى موائمته للظروف الجفافية حيث وجد تميز بعض أصناف فول الصويا بكثافة وجود الزغب على أوراقها كما هو الحال فى صنف هورسوى عن بعض الأصناف الأخرى التى تقل كثافة الزغب على أوراقها مثل كالدند. فقد تم دراسة أثر هذا الزغب على إستعمال الماء حيث أن وجود الأوراق المغطاة بالزغب تزيد من إنعكاس الطيف المرئى بدرجة قليلة وبدرجة كبيرة فى الطيف القريب من الأشعة الحمراء، كذلك فقد ذكر الباحثون أن الأصناف المغطاة بالزغب قد تكون أقدر على الإستفادة من الماء مما يوهلها إلى الزراعة فى المناطق الجافة ويصل النقص فى معدل النتج بخر فى السلالات كثيفة الزغب بمقدار ٧% مع إرتفاع فى كفاءة إستخدام الماء. وقد ذكر الباحثون أن السلالات ذات الزغب تتجه إلى زيادة المحصول عن السلالات الأخرى الا أنهم ذكروا وجوب الحذر فى تفسير النتائج حيث وجدوا أن الصنف هورسوى الذى يتميز بكثافة الزغب يتميز بوجود جذر كبير كثيف يتخلل التربة إلى اعماق بعيدة ويمتص كميات من الماء أكبر من السلالات ذات الزغب القليل.

نمو الجذور وعلاقته بامتصاص الماء:

يتميز محصول فول الصويا بمجموع جذرى كثيف مع ضعف القمة النامية. ينشأ الجذر من السويقة الجنينية السفلى مكوناً من قمم الجذور، الجذور الثانوية والثالثة والرابعة والجذور العرضية. وعادة ما تخرج الجذور الجانبية بعد الإنبات مباشرة متفرعة بكثافة فى طبقات التربة العليا إلى أن يصل عمر النبات إلى ٥٠ يوم من الزراعة ثم تبدأ فى الإتجاه لأسفل ويتوقف ذلك على ما يأتى:

١- الخواص الطبيعية للتربة التى تؤثر بدرجة كبيرة على نمو المجموع الجذرى

٢- العوامل الوراثية

لقد دلت الأبحاث على أن الانتشار الرأسى للجذور وتوزيع المادة الجافة له يتم معظمه فى القدم العلوى من التربة (Allmaras et al, 1975)، على حين وجد أن ٩٠% أو أكثر تنتشر فى ال ١٥ سم السطحية. وذكر (Mitchel and Russell 1971) و Raper and Barber 1970 أن ٧٠% من الجذور تنتشر جانبياً فى المنطقة الممتدة لمسافة نصف قدم من مركز الجذور حول النبات، ولقد ذكر معظم الباحثين أن نباتات فول الصويا تحتاج إلى جذور متعمقة قوية أثناء التعرض للجفاف حتى تستطيع تجنب التأثير الضار على المحصول النهائى، حيث تؤدي زيادة عمق الجذر إلى زيادة الكمية الكلية للماء القابل للإستفادة والصالح للإمتصاص بواسطة النبات أثناء موسم النمو عند نبات بقية العوامل. ولقد درس (Huck et al 1986) التأثير النسبى للإجهاد المائى على توزيع المادة الجافة بين الجذر والأفرع أثناء نمو المجموع الخضرى والتمرى، حيث لوحظ التأثير المعنوى لنقص الوزن الكلى للأفرع والجذور وزيادة طول المجموع الجذرى عند التعرض للجفاف. وعند رى النباتات تنتشر الجذور سطحياً مع إنتظام فى التوزيع وقلة فى الكثافة عنه فى حالة عدم رى النباتات رغماً عن سرعة شفاء الجذور بدرجة أكبر للنباتات المروية عن النباتات غير المروية وذلك للجذور المنتشرة بالمنطقة أسفل منطقة ٢٠ سم، ويزداد الفرق المعنوى فى نمو الجذور بين النباتات المروية وغير المروية باستمرار التعمق فى قطاع التربة. ويمكن القول أن تأثير نقص الماء على العلاقة بين الجذر والأفرع واضحة للغاية حيث يكون تأثيره قليل على الأفرع.

ويتأثر نمو جذر فول الصويا كثيراً بالماء فى مراحل نموه المختلفة فيزداد نمو الجذر الأولى ومعظم الجذور الجانبية بسرعة عند توافر الظروف الملائمة بمرحلة V6 (مرحلة العقدة السادسة) ليصل إلى عمق ٨-١٠ م، ويمتد المجموع الجذرى بمعدل متسارع من مرحلة النمو الخضرى المتأخرة إلى نهاية مرحلة التزهير (V6-R2) ويواصل النبات إلى مرحلة أكمال تكوين البذور (R6) يصل المجموع الجذرى لعمق أكبر من ١.٨ م مع إنتشاره جانبياً لمسافة ٢٥-٥٠ سم.

وكما سبق القول فإن نمو المجموع الجذري يتأثر بشدة بالتراكيب الوراثية حيث ذكر (Kaspar et al 1978) وأن إستطالة قمم الجذور للأصناف تبلغ ١٣م/يوم وأن أبداً أصناف تستطيل بمتوسط يبلغ ٨٣٥ مم بينما تصل إلى ١١٧٣ مم للأصناف السريعة بعد ٢٧ يوماً بمتوسط مقداره ٢,٥م في اليوم. ولقد ذكر Specht et al (1986) في دراسة على سبعة أصناف أثناء مرحلة النمو النمرى أن الجذور تتعمق بمعدل ١١-١٨ مم في اليوم أثناء مرحلة النمو الخضري و٢٣-٨١ مم في اليوم بتقدم النباتات من مرحلة بداية التزهير (R1) إلى بداية تكوين القرون (R3) و٢٦ مم في اليوم من مرحلة إكمال تكوين القرون (R4) إلى بداية تكوين البذور (R5) وذلك للأصناف غير محدودة النمو. ويمكن القول أنه عند إختيار الصنف الواجب زراعته مراعاة كل من معدل وبقاء الجذر وكذلك إمداده.

٣- الإحتياج المائي والإستهلاك المائي

إن معدل إستعمال الماء خلال موسم نمو محصول فول الصويا هام لتقدير فترات حاجة النبات لكميات مرتفعة من الماء. يختلف الإحتياج المائي لمحصول فول الصويا تبعاً لمنطقة الزراعة وطول فترة حياة الصنف المنزرع ويتراوح الإحتياج المائي ما بين ٣٣٠-٨٢٥ مم بمناطق الزراعة المختلفة بالولايات المتحدة الأمريكية أي مايساوى ١٣٨٩-٣٤٦٥ م^٢ للفدان أو ٢٣٢٦-٨٣١٦ م^٣ للهكتار، ويرجع هذا الاختلاف الكبير للاختلاف في توزيع الأمطار ومتطلبات عملية التبخير الكلى. ويبلغ الإحتياج المائي أو ما يعرف بالمقنن المائي بمصر مقدار يتراوح ما بين ٢٥٠٠-٣١٥٠ م^٢ للفدان تبعاً لمنطقة الزراعة. ويعبر عن الإحتياج المائي للمحصول كنسبة بين النتج بخر للنبات والتبخير بوعاء البخر، ويمثل الأخير إحتياج البخر بواسطة عوامل المناخ، ويتقدم النبات في العمر وزيادة المجموع الخضري تزداد هذه النسبة وعادة ما تكون منخفضة حتى ٤٠ يوم من الزراعة يعقبها زيادة واضحة لتصل إلى أقصاها عند عمر ما بين ٦٠-١٠٠ يوم من الزراعة.

يهدف منتج النبات للحصول على أعلى محصول بأقل قدر من الماء وعلى ذلك نعرف كفاءة الري بأنها الزيادة في محصول البذور الناتجة من وحدة واحدة من الماء. ونقل كفاءة الري بإضافة الماء قبل مرحلة بداية التزهير (R1) حيث لا يزيد

المحصول معنوياً بإضافة الماء في هذه المرحلة وعند تعرض النباتات للجفاف في مرحلة ما قبل بداية تكوين القرون (R3) إلى بداية نضج البذور (R5) حيث تكون كفاءة الري مساوية أو أعلى منها بمرحلة بداية التزهير لقلة المياه المستخدمة في إنتاج وحدة واحدة من محصول البذور عند تأخر عملية الري.

٤- وضوح تأثير السنوات والأصناف والمواقع وتفاعلاتها مع العوامل الجوية والإجهادات التي لا يمكن للري التغلب عليها وكذلك لاختلاف احتياجات النتح بخر للأصناف، خلال السنوات المختلفة.

لقد اقترح (Specht et al 1986) أن الأصناف التي تتغير كمية محصول بذورها نسبياً بدرجة قليلة بإضافة وحدة الماء يمكن إعتبارها غير حساسة للجفاف على حين أن الأصناف التي تستجيب جذورها بدرجة أكبر بإضافة وحدة من الماء يمكن إعتبارها حساسة للماء ويمكن زراعتها بالمناطق المطرية حيث يكون الجفاف شائعاً، على حين أن الأصناف التي يزداد محصول بذورها بإضافة وحدة واحدة من المياه فإنها تكون أكثر ملائمة لمناطق الري حيث يمكن إضافته كلما احتاج النبات للماء. وبصرف النظر عن الاختلاف في كفاءة الري بين الأصناف المختلفة فإن العائد الإقتصادي هام هو الآخر وليس فقط الإستجابة للماء المضاف.

ري فول الصويا:

أن الهدف الأساسي من الري هو الحفاظ على الماء في حالته المثلى بالنبات أثناء موسم النمو لأن نقص ماء التربة يكون له تأثير مباشر على النمو ومحصول البذور.

يتحرك الماء من النبات إلى كتلة الهواء الخارجي حينما يكون تركيز كتلة الهواء من بخار الماء أقل من تشبع هواء الورقة الداخلي الذي يصل إلى ١٠٠% بسبب بلل اسطح الخلايا بالماء خلال فتحات الثغور. ويعتمد سريان بخار الماء للنباتات المروية على درجة حرارة الورقة والرطوبة الجوية النسبية والرياح، حيث ينساب الماء تحت هذه الظروف بمقدار ٠.٥ بوصة لكل ليكر خلال أوراق فول الصويا ويتم ذلك نتيجة فقد ٩٠% من الماء خلال فتحات الثغور، ١٠% خلال طبقة الكيوتين والشمع. ويتحرك الماء خلال أوعية الخشب تبعاً لخاصية التماسك (تجاذب جزيئات الماء مع

بعضها) والتجاذب (بين جزيئات الماء وجزيئات سيليلوز أو عية الخشب) أنظر باب رقم ٤. ويشبه ذلك ما يحدث لقطعة من الأسفنج تغمر أحد جوانبها في الماء والجانب الآخر معرض للشمس والرياح. وبذلك تعمل حركة الماء خلال جدر خلايا الألياف على الحفاظ على الرطوبة النسبية قريبة من ١٠٠% بالمسافات الموجودة أسفل الثغور وعندئذ يخرج في صورة بخار ماء خلال الثغور ليحل محله ماء من أسفل النبات وهكذا وفي هذه المرحلة يحقق النبات مكاسب ثلاث هي:

أمداد النبات بالعناصر الغذائية.

أنفاخ الخلايا بالماء مما يسمح بأحتفاظها بشكلها والقيام بالوظائف الفسيولوجية مثل عمليات التمثيل الضوئي والنتح الذي يعمل على تبريد النبات خلال عملية التبخير حيث أن تبخير ١ جم من الماء يطلق قدرا من طاقة الأوراق يبلغ ٥٨٠ سعر حراري وعند نبول أو اقتراب النبات من الذبول في الجو الحار ترتفع درجة حرارة الورقة بضعة درجات أكثر من الجو المحيط، على حين تنخفض درجة حرارة أوراق النباتات المروية حيناً من ٥-١٠ ف° عن الجو المحيط.

تتعرض النباتات لقدر كبير من التوتر المائي في الجو الحار الجاف مما يؤدي إلى ظهور فقاعات هوائية بخلايا الخشب (Embolism) مما يقلل من كفاءتها في نقل الماء وبالتالي التأثير على عملية النتح بفول الصويا (Tyree and Sperry 1989). ولقد أوضح إمكانية شفاء النباتات من هذه الظاهرة حينما يكون عند الفقاعات قليلة وتحت ظروف الجفاف القليل وذلك بزواله حين حلول فترة الليل التي تتميز بانخفاض درجة الحرارة والأجواء الرطبة، أو عند ري المحصول ويتم ذلك بامتصاصها بواسطة الخلايا المحيطة في ظروف التوتر المنخفض.

وجد Huck et al (1983) أن عملية غلق الثغور ونقص نشاط التمثيل يحدث عندما يزداد النتح عن قدرة الجنور على امتصاص الماء. وأوضحت دراسات أخرى أن التعرض لنقص الرطوبة يؤدي إلى توقف عمليات استطالة الساق والورقة وباستمرار النقص يقل معدل انقسام الخلية والأنسجة المرستيمية وفي دراسات أجريت بحجرات النمو أوضحت أن معدل تجمع المادة الجافة أقل حساسية من النقص في معدل تمدد الورقة حينما يتعرض النبات لنقص الماء (Boyer 1970) ولقد خلص إلى أن نقص نمو أوراق فول الصويا تعتبر مؤشر جيد على نقص رطوبة التربة.

ويلعب المجموع الجذري دوراً مهماً في علاقة فول الصويا بالماء والعناصر الغذائية حيث أنه شديد الحساسية لكل من العوامل البيئية كما سبق القول والعوامل الوراثية وبالتحكم الوراثي تختلف الأصناف، حيث إن الأصناف القليلة المحصول تتحمل الجفاف وذلك لقلة مجموعها الجذري والعكس صحيح في الأصناف العالية المحصول ذات المجموع الجذري الغزير. كما تعمل النباتات المتباينة للأختلاف في توزيع المادة الجافة إلى الجذور بمعدلات مختلفة حيث أن نمو الجذور يعكس حالة نمو المجموع الهوائي والعكس صحيح تذهب نسبة كبيرة من المادة الجافة المتكونة بالنبات الصغير إلى الجذور أثناء تكوينها، ثم تقل هذه النسبة بتقدم النباتات في العمر. وبقل تكوين الجذور الجديدة أثناء المرحلة السريعة لنمو البذور. ويعتقد أن معظم مراحل امتصاص الماء والعناصر الغذائية يتم وعمر الجذور بضعة ساعات إلى بضعة أيام حيث يقل عند بلوغ الجذور أسبوع أو أكثر بدرجة كبيرة، ويستمر نمو وتكثف الجذور الدقيقة والشعيرات الجذرية باستمرار بالمسافات البينية لحبيبات التربة ويتأثر امتصاص الماء والمغذيات بدرجة الحرارة، الأكسجين، الملوحة، السموم والميكروبيوتا (قطر عادة ما يكون مصاحباً لجذور فول الصويا ويسهل الحصول على الماء والمغذيات من التربة).

ويلعب المجموع الخضري مع الظروف الجوية دوراً هاماً في الحفاظ على محتوى الخلايا من الماء كما سبق القول. فعند وصول الرطوبة الجو النسبية ١٠٠% يصل الجهد المائي إلى قيمة صفر في درجة حرارة ٦٨ فاً تنخفض إلى -27.5 بار عند وصول الرطوبة الجوية النسبية إلى ٩٨% (ضغط مكافئ لعمود من الماء ارتفاعه ٨٤٣ قدم) ويصل إلى -٩٤٤ بار بوصول الرطوبة الجوية النسبية إلى ٥٠% في نفس درجة الحرارة (ضغط مكافئ لعمود من الماء ارتفاعه ٢٨٠٠ قدم) مما يوضح عدم أهمية توافر الهواء الشديد الجفاف حتى يتواجد تدرج شديد في الجهد المائي. وعند توافر الماء بالتربة لا يحتاج النبات لجهد كبير لامتصاص الماء بينما العكس صحيح عند تعرضه للجفاف.

وبتأثر نمو وإنتاجية فول الصويا كثيراً بحالة الماء حيث يبلغ الجهد المائي للورقة حوالي (-٢) بار في الفجر، ينقص بسطوع الشمس ليصل (-١٢) إلى (-١٥) بار

وقت الظهيرة وذلك تحت توافر الماء بالتربة وبنقص الأشعاع الشمسي يصل الجهد المائي للورقة صفراً ليصل مرة أخرى إلى (-2) في فجر اليوم التالي. أرجع (Boyer 1970) عملية التمثيل الضوئي والنتح ونمو الورقة إلى الجهد المائي للنبات عند اختبار فول الصويا بحجرات تحكم العوامل البيئية حيث ذكر أن نمو الورقة كان أكثرها حساسية وعمليتي التمثيل الضوئي والنتح أكثر ارتباطاً بخلق الثغور وأن قيمتها تزداد حوالي 50% عندما يكون الجهد المائي للورقة (-12) بار بينما يصل نمو الورقة إلى هذا المستوى عند وصول الجهد المائي للورقة إلى حوالي (-3) إلى (-4) بار فقط. وأضاف أن النتائج بالحقل كانت مماثلة لنتائج غرف التحكم ويضاهي نمو الورقة استطالة الساق وارتفاع النبات. وهذا يعني أن نمو الورقة والساق يقف أسرع بالتعرض لدورات الجفاف الناشئة عن نقص الماء مقارنة بعملية التمثيل الضوئي أو النتح التي تنقص بفعل الثغور نتيجة لانخفاض ضغط أنفخاخ الخلايا الحارثة، وهذا يؤدي بدوره إلى توفير السكريات عندما ينقص نمو الورقة التي ربما تستخدم في نمو الأوراق، ينتقل جزء من السكريات إلى الجذور مما يؤدي لنموها وبذلك يستمر استفادة الجذور من الظروف الأرضية ويؤدي إلى تأخير أثر الجفاف على النبات أما الباقي من السكريات التي تم توفيرها فيجتمع بأنسجة النبات الذي تعرض للجهد المائي المتوسط إلى المرتفع.

تنتقل الذائبات العضوية من الورقة إلى الأماكن المختلفة حيث تنتشر السكريات الناتجة من عملية التمثيل الضوئي من خلايا المصدر إلى خلايا المصب. توجد طبقة مفردة ذات تخصص مفرد تتكون من طبقات من الخلايا أسفل السطح العلوي لأوراق فول الصويا ويبدو أنها تسهل عملية انتقال السكريات إلى اللحاء تكون لها أيضاً وظيفة موقعية مؤقتة لتخزين المركبات المحتوية على النيتروجين قبل استخدامها في بناء بروتين البذور. يقوم البروتين المصاحب للخلايا المرافقة في نسيج اللحاء بأصطياد السكريات والتحرك خلال أغشية الخلايا وضخه إلى العناصر الغربالية بنسيج اللحاء وربما يتم التحكم في معدل الانتقال بواسطة كمية الذائبات العضوية التي تم ضخها إلى العناصر الغربالية والتي من المرجح أن المواد المتاحة المنتشرة من الخلايا النشطة تتحكم فيها نتيجة لتجمع المواد بالعناصر الغربالية. يزداد تركيز الذائبات التي تجذب الماء حيث يزداد ضغط الماء بالخلايا الغربالية فتتحرك إلى فتحات الغربال حاملة

معها المواد العضوية إلى أجزاء النبات الأخرى (وتتأثر مرحلة النمو الثمرى كثيراً بنقص الماء بالتربة حيث أن حساسية نباتات فول الصويا تكون مرتفعة عند التعرض للجفاف أثناء مرحلة أمتلاء القرون مقارنة بتعرضة أثناء مرحلة الإزهار كما سبق القول، لذلك فقد ذكر Christy and Porter (1982) أن محصول فول الصويا محصلة لاستمرار التحكم في تدفق المواد الممتلئة إلى المصب و عدد البذور وحجم البذور المصاحب لعملية التمثيل الضوئي خلال مراحل النمو الثمرى. وتزداد أعداد القرون والبذور عند رى النباتات مبكراً في مرحلة الأثمار. ولقد وجد Kadhem et al (1985)، أن رى محصول فول الصويا مقارنة بعدم الرى يؤدي إلى عدم تأثر الكمية الكلية للمجموع الحذرى رغم أن كونه يتعمق وينتشر أفقياً إلى مسافة أبعد لذلك فإن عدم رى المحصول يؤدي إلى نقص مساحة الورقة بنسبة 62% ووزن القرون بنسبة 74% قرب مرحلة النضج الفسيولوجى مقارنة بالنباتات المروية وبذلك يمكن القول أن الرى يعمل على زيادة مساحة الورقة وارتفاع محصول البذور وتراكم المادة الجافة.

وتؤثر خصائص التربة مثل القوام والبناء وعمق التربة والتوصيل الهيدروليكي على صلاحية الماء للاستفادة بواسطة النبات حيث تحتوى التربة الرملية على كمية محدودة من الماء ولكنها تجود بمانها بيسر للنبات وعلى العكس من ذلك فإن التربة الطينية تحتوى على كمية كبيرة من الماء مع تميزها بقلّة الماء الميسر وبطءه على حين أن الأرض التى تحتوى على نسبة مرتفعة من السلت توفر قدر كبير من الماء الميسر الذى يؤدي إلى الحصول على قدر كبير من الماء الميسر يؤدي إلى الحصول على نمو كبير وتراكم المادة الجافة.

وتعتبر فترة تكوين وأمتلاء القرون الفترة الحرجة للماء حيث ينقص المحصول بدرجة كبيرة بالتعرض للجفاف حيث وجد Doss et al (1974) أن مرحلة أمتلاء القرون هي أكثر المراحل حساسية للماء حيث يستخدم الرى أثناءها للحصول على أقصى محصول من البذور.

جدولة عملية الرى

تتطلب عملية الرى إضافة الماء بالكمية المناسبة وفي الوقت المناسب ومن هنا فإن جدولة الرى هي العنصر الأساسى لإدارة عملية الرى جيداً لذلك من المهم تحقيق

هدف الحصول على محصول مرتفع وعائد اقتصادى مرتفع. لقد أعتبر (Tacker etal 1994) أن عدم كفاية ماء الري أو /إضافة في الوقت غير المناسب من أهم الأسباب لخفض محصول قوَل الصويا المتوقع لماء الري المستخدم. ولقد أظهرت خلاصة العديد من الدراسات التي أجريت على العديد من الدراسات التي أجريت على استجابة أصناف قوَل الصويا للري طول حياة بمراحل النمو الخضري والثماري مقارنة بالري أثناء مرحلة الأثمار من بداية الأزهار إلى تكامل تكوين البذور لخصمها (Reicosky and Heatherly 1990) في التالي:

أن ري نباتات قوَل الصويا قبل بداية مرحلة الأزهار لم يكن له تأثير معنوي على كمية المحصول مقارنة بالري فقط أثناء مرحلة الأثمار.

ارتفاع كفاءة الري (زيادة في محصول البذور /إيكر/بوصة من الماء) عادة بالري أثناء مرحلة الأثمار. وبذلك يمكن القول أن الري قبل الأزهار يكون أقل فائدة من الري بعدة.

أن تمرض النباتات للجفاف أثناء مرحلة النمو الخضري قد تعادل الري قبل الأزهار للحصول على النمو الخضري الكاف.

تأخير الري حتى مرحلة اكتمال نمو القرون أو بداية مرحلة تكوين البذور تقلل كمية المحصول مقارنة بالري من بداية تكوين الأزهار.

تزداد أعداد القرون والبذور بالري أثناء مرحلة الأثمار وقد يساهم أعداد البذور في زيادة كمية المحصول.

إذا تأخر الري لمرحلة امتلاء البذور تزداد وزن البذور وقد يساهم ذلك في زيادة المحصول

ينبغي استمرار عملية الري التي بدأت أثناء المرحلة المبكرة من الأثمار حتى مرحلة امتلاء البذور وأضاف (Heatherly and Spurlock 1993) أن الري لجميع أطوار النمو الثمري يؤدي إلى الحصول على أكبر عائد اقتصادى وذلك للأسباب التالية:

أ - أن تطور الأعضاء الثمرية للنبات يتم في هذه المرحلة.

ب - وصول دليل مساحة الأوراق إلى أقصى مستو أو قريبا منه وبذلك يكون جهد النتح يخر فى أقصاء.

ج - تتحدد مكونات محصول البذور (القرون، البذور/القرن، وزن البذور) فى هذه المرحلة.

ينبغى التأكيد على وجوب توفير الماء اللازم لعملية إنبات البذور حيث تحتاج لأمتصاص كمية من الماء تعادل ٥٠% من وزنها لأنظام الأنبات والحصول على العدد الأمثل من النباتات القائمة بالحقل وأيضا إضافة الماء للنباتات بمرحلة النمو الخضري بقدر يكفى للحصول على نمو خضرى يؤهله لإنتاج أزهار وقرون وبذور مرتفعة المحصول ذات عائد اقتصادى مرتفع.

وتؤثر خصائص التربة مثل القوام والبناء وعمق التربة والتوصيل الهيدرولى على صلاحية الماء للاستفادة بواسطة النبات حيث تحتوى التربة الرملية على كمية من الماء ولكنها تجود بماءها بيسر للنبات وعلى العكس من ذلك فإن التربة الطينية تحتوى على كمية كبيرة من الماء مع تميزها بقلّة الماء الميسر وبطء حركة على حين أن الأرض التى تحتوى على نسبة مرتفعة من السنت توفر قدر من الماء الميسر الذى يؤدى إلى الحصول على قدر كبير من الماء الميسر يؤدى للحصول على نمو كبير وتراكم للمادة الجافة.

التسميد:

إن محصول فول الصويا كغيره من المحاصيل يحتاج لتوافر الماء والعناصر الغذائية لتكمل دورة حياة وليعطى محصول اقتصادى مرتفع ولذلك فلا بد من أن يكون هناك توافق بين التسميد والرى للحصول على أكبر إنتاج. إن حالة ماء التربة والنبات ذات تأثير على أمتصاص المغذيات وتراكمها، وذلك لتأثيرها على نمو النبات، ويعتمد أمتصاص الكاتيونات على توافر الماء بالتربة وإن كانت تختلف فيما بينها حيث يستجيب أمتصاص البوتاسيوم لحالة الماء بالتربة أكثر من كل من الكالسيوم والمغنسيوم. ولقد ذكر أن رى النباتات يؤدى إلى تشجيع انتشار الفوسفور إلى جذور النباتات وزيادة تركيزه. ونادرا ما يكون ذو تأثير على تركيز وتراكم الحديد والمنجنيز والزنك. وتأثير عملية تثبيت الآزوت الجوى بمحتوى التربة من الماء حيث وجد نقص

هذه العملية في نباتات فول الصويا عند تعرض النباتات للإجهاد المائي، حيث تظهر القشرة الخارجية للعقد الجذرية تغيرات في تركيب مكوناتها السيتوبلازمية عند التعرض لإجهاد متوسط وزيادة شدة يتأثر نشاط العقد الجذرية ولقد ذكر Pankhurst and Sprent (1975) وجود علاقة بين نقص نشاط العقد الجذرية في ظروف الجفاف والتغيرات الحادثة في انتشار الأكسوجين ومعدل التنفس. ولقد لاحظ Huang et al (1975) وجود علاقة كبيرة بين كل من معدل عملية التمثيل الضوئي والسطح وتثبيت الأزوت الجوي بنقص الجهد المائي للخلية إلا أن عملية التنفس تظل ثابتة تحت هذه الظروف. درس Matheny and Hunt (1983) تأثير الري على تراكم كل من النيتروجين المثبت وغير المثبت حيث وجدوا أن الري يعمل على تراكم النيتروجين والنسبة المئوية للنيتروجين المضافة من عملية التثبيت لتصل إلى ٩٠%.

النيتروجين:

لما كان محصول فول الصويا من المحاصيل التابعة للفصيلة البقولية والتي لها القدرة على تكوين العقد البكتيرية على جذورها، لذلك فإن هذا المحصول له القدرة على تثبيت الأزوت الجوي بواسطة بكتيريا *Bradyrhizobium japonicum* التي تتبادل نواتج عملية التمثيل الحادثة بالنبات بمركبات النيتروجين العضوية التي تثبتها ويستخدمها النبات في تمثيل البروتين. كذلك فإن لنبات فول الصويا القدرة على امتصاص الأمونيا والنترات التي قد تنتج طبيعياً بالعمليات المختلفة التي تحدث في التربة أو من خلال إضافتها في صورة أسمدة غير عضوية أو عضوية، ولقد التربة النبات بأغلب احتياجاته من النيتروجين في مراحل النمو المبكرة حيث تصل نسبتة في هذه المرحلة إلى ٧٣-٧٨% في حين يستمد باقي احتياجاته من النيتروجين المثبت باستمرار تقدم النبات في العمر لتصل إلى أقصاها عند الأزهار، وعلى العموم فإن متوسط ما تساهم به عملية التثبيت في احتياجات النبات تبلغ ٤٧%. وينقص طول النبات ويتقدم وتحول الأوراق الكبيرة إلى اللون الأخضر الباهت ينقص النيتروجين مع ظهور عدم انتظام اللون الأصفر بتقدم النبات في العمر، ويمكن القول أن على المنتج أن يوفر الأزوت سواء عن طريق إضافة للتربة أو من خلال عملية تثبيت الأزوت الجوي بحيث يكون تركيز النيتروجين الكلي بالأوراق الكاملة لا يقل عن ٤%

قبل عقد القرون. ويؤثر على عملية تثبيت الأزوت نقص عملية تكوين العقد الجذرية. ونقص النيتروجين القابل للاستفادة في التربة. والإجهاد الرطوبي ونقص الموليبدينوم وزيادة حموضة التربة ونقص الكالسيوم والأصابة بحويصلات الديدان الشعبانية.

الفوسفور:

رغما عن أن احتياج فول الصويا من عنصر الفوسفور أقل من كل من النيتروجين والبوتاسيوم إلا أنه مهم للغاية لنمو وتطور النبات حيث أن من أهم وظائف تخزين ونقل الطاقة والتأثير على أغشية الخلية وكذلك عملية التوريت. وعلى مستوى نبات فول الصويا فإن عنصر الفوسفور يلزم للمجموع الخضري والخصري وإنتاج البذور. يتضح من الدراسات أن عملية تراكم الفوسفور قبل الأزهار تتم بأكبر قدر في الأوراق مقارنة بالسيقان وأغصان الأوراق. وفي أثناء عملية امتلاء القرون فإن الفوسفور ينتقل من السيقان والأوراق وأغصانها إلى البذور المكونة. وعند تعرض النباتات لنقص الفوسفور يتغزم النمو وتصبح الوريقات صغيرة الحجم كما يتأخر الأزهار والتضج. ويمكن الاستدلال على المعدل الكافي للسماد الفوسفاتي من خلال نسبة في الأوراق حيث ذكر أن النسبة التي تتراوح ما بين ٠.٦٢ - ٠.٥% في الأوراق الناضجة قبل عقد القرون تعتبر مذلولة على كفاية.

البوتاسيوم:

يحتاج فول الصويا إلى قدر من البوتاسيوم يبلغ ٣٠-٥٠% من كمية النيتروجين المطلوبة. ويعتبر عنصر مهم في التفاعلات الأيضية وتمثيل البروتين وكفاءة استخدام الماء. كما يعمل على مقاومة الجفاف وتحسين جودة الثمار والبذور والحساسية للصقيع ومقاومة الأمراض.

وعند إضافة البوتاسيوم في التربة الفقيرة فذلك يؤدي إلى زيادة أعداد قرون النبات والعقد الجذرية ووزن العقد الجذرية وزيادة سطح المجموع الجذري. وتعتبر نسبة ١.٧ - ٢.٥% للبوتاسيوم بالأوراق الناضجة مذلولة على كفاية وذلك بمرحلة ما قبل عقد الثمار. وعند تعرض النباتات لنقص البوتاسيوم تظهر على حواف الوريقات كبيرة العمر لون أصفر غير منتظم وباستمرار التعرض للنقص تظهر تقوُب

وأنخفاضات على أحرف الأوراق كما تظهر تجاعيد وتشوهات بالبذور عند نقص البوناسيوم أثناء تكون البذور.

أصناف الزيت وأصناف الطعام:

يستعمل محصول فول الصويا بطرق مختلفة تبعاً للبلدان المختلفة حيث تستخدم في مناطق الشرق الأقصى في أنواع مختلفة من الأطعمة مشتملة على التوفو، ولبن الصويا والميزو، والناثو والتنف والصويا الدبنة. أما في مناطق الغرب فيتم حشر فول الصويا لاستخلاص الزيت والحصول على أكالات منزوعة الدسم ويستخدم الزيت في الاستهلاك الأدمى. على حين تستخدم وجبات الصويا لاستهلاك الحيوانات، مع الاحتفاظ بنسبة ضئيلة تصنع لأنتاج مكونات بروتين الصويا التي تتضمن دقيق الصويا والمركبات وغيرها هذه المكونات تدخل في صناعة أنواع مختلفة من المخبوزات ومنتجات الألبان ومنتجات اللحوم وغذاء الأطفال وما يعرف بأسم أجبال جديدة من أطعمة الصويا.

من أجل هذا الخلاف يوجد نوعين من فول الصويا النوع الأول وتعنى به فول الطعام والثاني فول الزيت. ويختلف فول الطعام عن فول الزيت في القليل من الصفات حيث يتم بقله وزن غلاف البذرة ووضوح السرة وارتفاع محتوى البروتين والتخفيض محتوى الزيت والمحصول.

يوجد نبات فول الصويا مواد هامة لها تأثير على مقاومة بعض الأمراض تسمى Phytochemicals وهي مواد غير غذائية يحتوى فول الصويا على كمية كبيرة منها يتفوق بها عن بقية النباتات البقولية. تتضمن (Isoflavones)، (Saponines)، (Phytate)، (Phytasterols)، (Phenolic acid)، (Tripsin inhibitors) هي المسئولة عن منع الأمراض المختلفة.

كما أن بروتين فول الصويا يؤدي إلى نقص تركيز الكولسترول الكلى بالدم ونقص الليبيدات المنخفضة الكثافة الذي تؤدي إلى تصلب الأوعية الدموية ونقص الجليسيريدات الثلاثية والمحافظة على مرونة الشريان التاجي نتيجة لتشجيع زيادة الليبيدات العالية الكثافة.

وتحتوى بذرة على ٢٠-٢٤% من زيت فول الصويا، وهو بدوره يحتوى على ٦١% أحماض دهنية متعددة غير مشبعة و ٢٤% أحماض دهنية أحادية غير مشبعة. يحتوى الزيت النقى على ٥٠% لينولينيك و ٨% لينولينيك التى تساعد فى امتصاص الليثامينات الحيوية الضرورية لصحة الإنسان. كما تعمل على تنظيم أنقباض العضلات بسهولة، وتنظيم ضغط الدم والنمو الصحى للخلايا.

كما ويحتوى على السكريات المعقدة Oligosaccharides التى تساعد نوع معين من البكتريا التى لها علاقة بخفض احتمالات الإصابة بالسرطان.

أما عنصر البورون فيوجد بكمية جيدة يمنع هشاشة العظام وذلك حيث أن نقصه يؤدي إلى عدم احتفاظ الجسم بالكالسيوم.

كما ويكون له تأثير معقول على تنشيط هرمون الأستروجين.

يحتوى أيضا على نسبة مرتفعة من حمض الفوليك الذى وجد نقصه فى أنسجة خلايا الرئة بمرضى سرطان الرئة.

الحصاد:

تعتبر عملية الحصاد من العمليات الهامة المحددة لربحية المنتج فرغما عن أن معظم المحصول يتم فى مرحلة جفاف البذور الناضجة ، إلا أن نسبة ضئيلة يتم حصادها قبل النضج وفيها تستخدم البذور غير الناضجة كخضار أو فى بعض مكونات الأطعمة.

وتعتبر البذور ناضجة حينما تصل نسبة الرطوبة إلى أقل من ١٤% من الرطوبة بالحقل حينذاك تعتبر البذور صالحة للحصاد ويتوقف ميعاد الحصاد على الصنف، منطقة النمو، ميعاد الزراعة والظروف الجوية المحلية. وفى الولايات المتحدة الأمريكية قد يبدأ الحصاد مبكرا فى منتصف سبتمبر أو متأخرا حتى منتصف ديسمبر وعلى ذلك فإن أنشط أشهر الحصاد تكون فى أكتوبر ونوفمبر.

ويزرع فول الصويا فى مصر صيفا فى الفترة من أوائل مارس وحتى أوائل شهر مايو. ويفضل تحميله فى أراضي الوادى على الذرة الشامية. فى حالة تأخر الزراعة عن شهر مايو، وفى حالة التبريد عن أوائل شهر مارس يقل المحصول لسبب عند النباتات بوحدة المساحة لانخفاض درجة الحرارة مما يؤدي إلى نقص نسبة الألبات

حيث أن الدرجة الملائمة للأنبات تتراوح ما بين ٢٥-٣٠ م. خلال ٣-٤ أيام. وذلك لزيادة طول الفترة اللازمة لظهور البادرات وعادة ما تنبت البذور بعد ٥-٦ أيام ويستمر الأنبات بعد ١٢ يوما في الظروف غير الملائمة. كما ويتأخر ازهار لنباتات ونضجها، للأصناف المبكرة من ١٢٠ يوم عند الزراعة في الميعاد المناسب إلى ١٦٠ يوما عند الزراعة المبكرة. ويؤدي تأخير ميعاد الزراعة من جهة أخرى إلى نقص القدرة الإنتاجية وزيادة احتمال التعرض للأصابة ببذبان ورق القطن وذبابة الفاصوليا.

ويتم الحصاد بطرق مختلفة يدويا أو بآلة الحصاد Combines حيث يلتقط الأوراق والسيقان والقرون وتقوم بفصل البذور عن القرون ونقلها إلى عربات النقل truck وإعادة باقي الأجزاء للحقل ويتم ذلك في الولايات المتحدة الأمريكية. وفي البلدان الأخرى يتم الحصاد بواسطة قطع النباتات على ارتفاع ١-٢ بوصة من سطح التربة بمسكاكين cutter ويتم ذلك في الصباح الباكر في وجود الندى حتى لا تنفطر البذور أو بواسطة قطع النباتات بالـ sickles اليدوي وذلك في المساحات الصغيرة. تجمع النباتات التي تم حصادها وتحفف ثم يتم دراسها.

التجفيف:

يتم تجفيف البذور مباشرة في حالة احتوائها على أكثر من ١٤% للحفاظ على جودتها، ولعدم السماح بنمو الفطر والبكتيريا ولمنع أضرارها، يوجد نوعان من طرق التجفيف الأولى طبيعية وذلك بنشر البذور بالجرن لمدة ٢-٣ يوم مع التقليب المستمر ويعرف ذلك بالتجفيف بواسطة أشعة الشمس وبمجرد وصول الرطوبة بالبذور إلى النسبة المطلوبة تنقل إلى أماكن التخزين. ويتبع ذلك في الأماكن المشمسة وفي الكميات الصغيرة.

أما بالمناطق التي تنتشر بها السحب والرطوبة وتحت ظروف الإنتاج الكبير فلا تصلح هذه الطريقة. حيث تستخدم المجففات الميكانيكية في عملية التجفيف ويكون أنسبها الذي يعتمد على تجفيف البذور ببطيء، وينبغي عدم تجفيف البذور سريعا حتى لا يؤدي ذلك إلى تصلب أغلفة البذور الخارجية والسماح بانتشار الماء إلى الطبقة الداخلية، وينبغي رفع درجة الحرارة للحد اللازم للوصول إلى محتوى الرطوبة الملائم

وعند السماح بزيادة الحرارة لتصل لأعلى من ١٦ م ٥ حتى يتم تجنب تكون البذور وتغيير طبيعة البروتين.

التخزين:

تخزن بذور فول الصويا في الولايات المتحدة الأمريكية أما في تنكات من الصلب أو من الأسمنت.

وتفقد بذور فول الصويا جودتها أثناء عملية التخزين، نتيجة للنشاط البيولوجي للبذور نفسها أو النشاط الميكروبيولوجي أو نتيجة لمهاجمة الحشرات والحلم والقارضات، ويظهر ذلك في نقص حيوية، وأنبات البذور، وتلوثها، ونقص الماء الممتص، والتغيرات في تركيب البذور، ونقص جودة الزيت والبروتين، ويعتبر التلف الناشئ عن الحرارة أكبر مسبب لنقص جودة البذور، وحيث أن الضرر الناشئ عن الأسباب الأخرى من الصعب اجتباة إلا أن التحكم الجيد في درجة حرارة ورطوبة المخزن تمكن المنتج من تلافي الأضرار الكبيرة.

قائمة المراجع

- Allmaras, R.R., W. W. Nelson and W. B. Voorhees. 1975. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39:771-777.
- Boyer J.S. 1970. Plant physiol 46:233-235.
- Christy, A.L. and C.A. Porter. 1982. canopy photosynthesis and yield in soybean. P. 499 - 511. In Govindjee (ed) Photosynthesis: Development, carbon metabolism and plant productivity. 2 Academic Press' New York.
- Doss B.D., R. W. Pearson and H. T. Rogers. 1974. Agron. J. 66:297-299.
- Final Report. 1997-2001. New Integrated Technology for Increasing Productivity of Oil Crops Under Newly Reclaimed Lands in Egypt. Submitted by Nemat A. Noureldin and Jagmohan Joshi. Line 930/102 of the University Linkage Project. Second stage (Foreign Supreme Council of Universities in Egypt and (USAID, 1997-2001).
- Heatherly L. G. and S. R. Sparlock. 1993. Agron. J. 85, 1103-1108.
- Huang, C. Y., J. S. Boyer, and L. N. Vanderhoef. 1975. Plant physiol. 56:222-227.
- Huck, M. G., K. Ishihara, C. M. Peterson, and T. Ushijima. 1983. Plant Physiol. 73: 422 - 427.
- Huck, M. G., C. M. Pearson, G. Hoogenboom and C. D. Bush. 1986. Agron. J. 78: 807 - 813.
- Kadhem, I. A., J. H. Specht, and J. H. Williams. 1985. Agron. J. 77: 299 - 304.
- Kasper, T. C., G. D. Stanley, and H. M. Taylor. 1978. Agron. J. 70: 1105 - 1107.
- Mathcoy, T. A., and P. G. Hunt. 1983. Agron. J. 75: 719 - 722.
- Mitchell, R. L. and W. J. Russell. 1971. Agron. J. 63: 313 - 316.
- Pankhurst, C. E., and J. i Sprent. 1975. J. Exp. Bot. 26: 287 - 304.
- Raper, C. D. Jr., and S. A. Barber. 1970. Agron. J. 62: 585 - 588.
- Reicosky, D. A. and L. G. Heatherly. 1990. Soybean, in B. A. Stewart and D. A. Nielsen, eds., Irrigation of Agricultural Crops, Agronomy Monograph 30: 639 - 674, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Soybean in Egypt. 2001. Proceedings of The International Conference on Soybean Production under Newly Reclaimed Lands in Egypt November 28-29, 1998. Edited by Robert B. and Nemat A. Noureldin. Univ Press of Maryland Bethesda Maryland.
- Specht, J. E., J. H. Williams, and C. J. Weidenbenner. 1986. Crop Sci. 26:922-934.
- Tucker, P. L., F. D. Vores and L. O. Ashlock. 1994. Drainage and irrigation N. I. O. Ashlock, ed. Technology for Optimum Production of Soybeans Publ. AG 411 - 12 n 94, Univ. of Arkansas Coop. Ext. Serv. Fayetteville, Ar.
- Tyree, M. T. and J.S. Sperry. 1989. Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. 40: 19-38.